

第2次北サッカラ遺跡踏査概報

河合 望*¹・三井 猛*²・吉村 作治*³・近藤 二郎*⁴・柏木 裕之*⁵
高橋 寿光*⁶・梅田 由子*⁷・米山 由夏*⁸・石崎 野々花*⁹

A Preliminary Report of the Second Season of the Archaeological Survey at North Saqqara

Nozomu Kawai*¹, Takeshi Mitsui*², Sakuji Yoshimura*³, Jiro Kondo*⁴, Hiroyuki Kashiwagi*⁵,
Kazumitsu Takahashi*⁶, Yuko Umeda*⁷, Yuka Yoneyama*⁸, and Nonoka Ishizaki*⁹

Abstract

The Japanese Expedition to North Saqqara conducted the second season of the archaeological survey at North Saqqara in August, 2016. This project aims to search for the location of the New Kingdom cemeteries in North Saqqara, which have not been comprehensively investigated up to today. Having identified a New Kingdom cemetery to the northwest of the Teti Pyramid North Cemetery, we conducted mapping and geophysical prospection in this area as well as two areas to the eastern escarpment of North Saqqara plateau.

As a result, a 3D map of the area of the New Kingdom cemetery was produced for the prospective research in the site. Accordingly, we conducted a geophysical survey by using Electromagnetic (EM) conductivity meter which we customized the CMD Explorer of GF Instruments with the prism for total station in order to identify the location of geophysical prospection. We conducted geophysical prospection in the following areas: 1) the area to the northwest of the Teti Pyramid North Cemetery, 2) the area to the north of the tomb of Nakhtmin near Abusir Village, 3) the eastern cliff on the north Saqqara plateau. We were able to detect anomalies which indicate the presence of mud-brick structure. We also obtained some important data which will help us to create more accurate results in the future season.

Archaeological recognizance was also carried out in the course of mapping survey. Especially, we were able to obtain some idea of stratigraphy in the area of New Kingdom cemetery where there were Old Kingdom mastaba tomb exists by observing the area of the mastaba of Kaemmesu. We also understood the possible location of the rock-cut tomb in the eastern escarpment by observing the area in the vicinity of the tomb of Nakhtmin.

* 1 金沢大学新学術創成研究機構准教授

* 2 三井考測代表取締役社長 / 東日本国際大学客員准教授

* 3 東日本国際大学学長 / 早稲田大学名誉教授

* 4 早稲田大学文学学術院教授 / 早稲田大学エジプト学研究所所長

* 5 東日本国際大学エジプト考古学研究所客員教授

* 6 東日本国際大学エジプト考古学研究所客員講師

* 7 三井考測

* 8 鶴見大学大学院文学研究科博士後期課程

* 9 早稲田大学大学院文学研究科修士課程

* 1 Associate Professor, Institute for Frontier Science Initiative,
Kanazawa University

* 2 President, Mitsui Kosoku Co. Ltd. / Visiting Associate Professor,
Higashinippon International University

* 3 President, Higashinippon International University / Professor
Emeritus, Waseda University

* 4 Professor, Faculty of Letters, Arts and Sciences, Waseda University /
Director, Institute of Egyptology, Waseda University

* 5 Visiting Associate Professor, Higashinippon International University

* 6 Visiting Lecturer, Institute of Egyptian Archaeology, Higashinippon
International University

* 7 Mitsui Kosoku Co. Ltd.

* 8 Doctoral student, Department of Cultural Properties, Tsurumi
University

* 9 MA Student, Department of Archaeology, Waseda University

1. はじめに

サッカーにおける新王国時代の墓地の発掘調査を目的として、2017年5月に北サッカー遺跡のサーベイを開始した。踏査の結果、テティ王のピラミッドの北西部に位置する約100,000m²の規模の舌状の台地に、これまで考古学的な調査が行われていなかった新王国時代の墓地の存在が明らかになった。土器の年代から、第18王朝初期～中期からラメセス朝にわたる新王国時代の墓地が存在すると考えられる（河合他2017）。

この調査の結果を受け、第2次調査では、①この新たに発見された新王国時代の墓地(図1のNSQ)と②サッカー台地の東側に位置する第19王朝ラメセス2世時代の岩窟墓、ナクトミン墓とその周辺(図1のNTM)、そして、③同じサッカー台地の東側に崖部で岩窟墓の存在の可能性が高い場所(A地区)(図1のNSQ-A)にて地形測量とEM(Electromagnetic)探査法(電磁誘導探査法)による遺跡探査を実施した(図1)。また、考古班による踏査も継続された。これまでこの地区の遺跡地図は、1978年にフランスが作成したエジプト政府住宅省の地図に依拠しており、当該地区の詳細な地図が存在しなかったため、今回の地形測量によって地図が作成できたことは特筆に値する。

北サッカー遺跡の第2次踏査は、8月7日から8月30日まで実施された¹⁾。本調査の一環として、東海大学情報技術センターの恵多谷雅弘氏とともに人工衛星画像のグランド・トルースを実施したが、その成果は別稿にて発表する。

本稿では、上記3ヶ所で実施した地形測量と遺跡探査の結果の概要を報告し、あわせて継続して実施した踏査の成果を報告する。なお、3次元地形測量と遺跡探査は、(有)三井考測の三井 猛氏と梅田由子氏が中心となって実施した。

2. 測量および探査報告(三井 猛、梅田由子)

(1) 遺跡調査の測量と遺跡探査

遺跡調査における地形測量は、我々が日常生活で使用するための地図を作成する測量とは趣が異なる。通常の地図作成に必要な事項は我々が日常生活で必要とする地形情報や地物情報が重視され記号化され地図に表記される。

遺跡調査における地形測量は測量学的には応用測量に該当し、地上遺構や地中に埋もれた遺構に起因する微地形や遺物の散布情報等、考古学的に重要な情報を測定記録すると共に、現状地形を含めた環境空間情報や建物、道路等の人工的な地物も含めて測量と記録を行い、GISを作成することで考古学的な分析を可能とする遺跡の3次元データマップを作成するものがある。

遺跡探査も、地球物理学において使用する地下探査技術を応用して利用するが、地質学的調査のような深い地中深度を探るのではなく、地表下5m程度まで比較的浅層の人為的地形造成痕跡や遺構等の比較的小さな地中変化を非破壊で探るものである。

遺跡調査測量と遺跡探査に共通して言えることは、従来の測量、地下探査の技術をそのまま使用しても考古学的に有用な情報を得ることが出来ない。調査する対象が地形や地質情報に加え過去の人々が築造してきた遺構等の遺跡情報を得ること目的としていることから、地形学や地質学の自然科学的知見、考古学的知見、そして測量学や地質探査の技術の要素が必要不可欠となる。

(2) 北サッカー地区と他2地区の調査

北サッカー地区における今次調査は、遺跡調査の事前調査に当たる地形の3次元微地形測量を主とし、EM探査法による遺跡探査を併せて実施した。

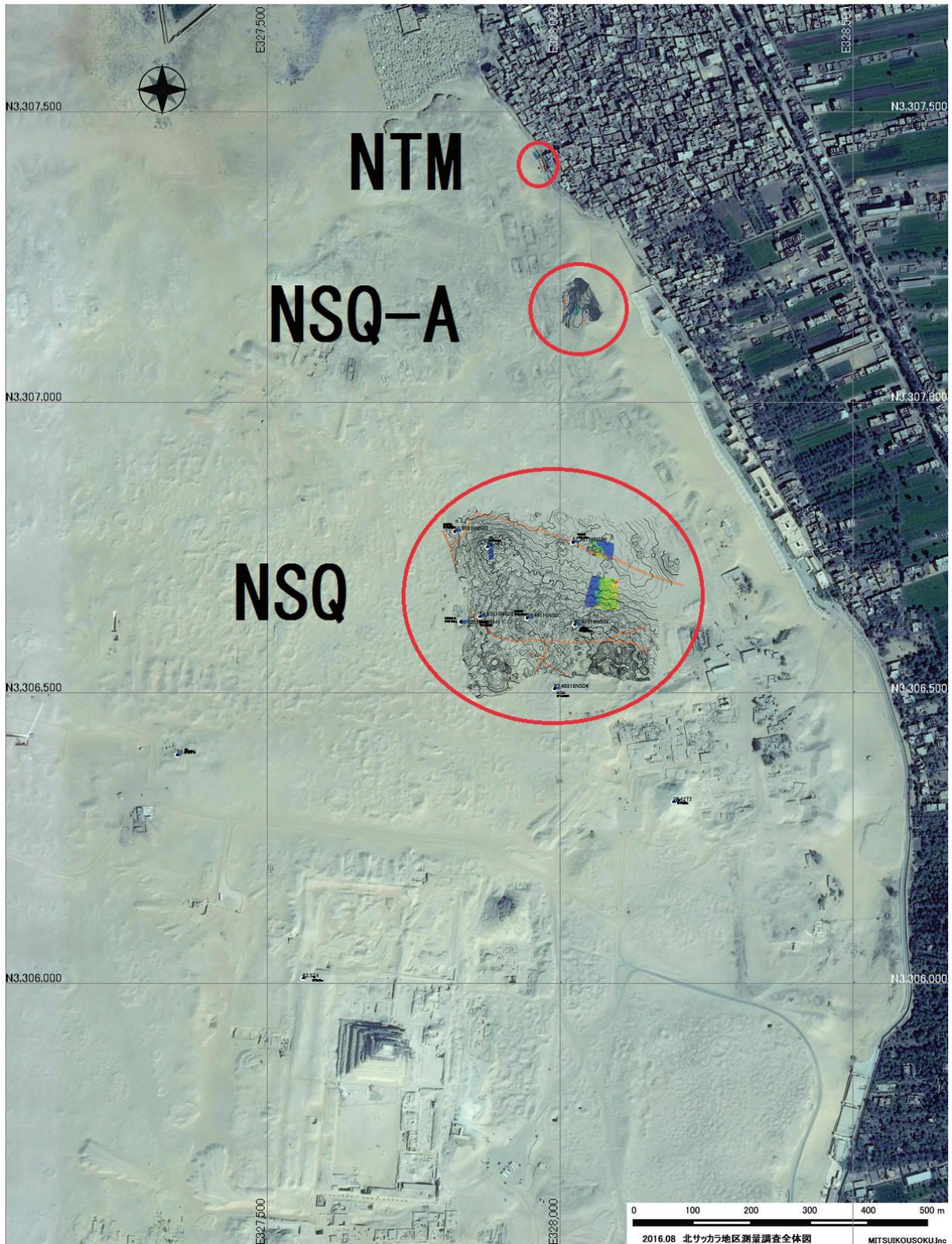


図1 北サッカラ遺跡第2次踏査の調査地区
Fig.1 Map of North Saqqara showing the areas of the investigation in the Second season of the archaeological survey

調査区は、北サッカラ地区 (NSQ)、北サッカラ A 地区 (NSQ-A)、ナクトミン岩窟墓付近地区 (NTM) である (図 1)。

測量調査は、現状の遺跡包蔵地の地形を 3 次元測量で記録するため、過去に作成された地図や遺跡調査情報との関連性の保持と現状の地理空間情報との整合させるため基準点測量を実施した後、考古学的な 3 次元微地形測量を実施した。遺跡探査は EM 探査法による電磁誘導探査を地形の 3 次元測定と同時記録し、地形情報と地下探査情報との整合をさせた。

調査区の地理的位置情報は次の通りである (図 1)。なお、座標値は UTM Zone36N、測地系 EUROPEAN 1950 (楕円体 International 1924) である。

- ・北サッカラ地区 (NSQ) は、テティ王ピラミッドから北西方向へ約 400m 地点 (N3,306,680m E328,000m) を中心に南北幅約 300m 東西幅約 400m のエリアである。
- ・北サッカラ A 地区 (NSQ-A) はテティ王ピラミッドから北北西方向へ約 870m の地点 (N3,307,170m E328,030m) 南北幅約 90m 東西幅約 70m のエリアである。
- ・ナクトミン岩窟墓付近地区 (NTM) は、北北西方向へ約 1,100m の地点 (N3,307,425m E327,960m) 南北幅約 16m 東西幅約 10m のエリアである。

(3) 基準点測量

北サッカラ地区では、スコットランド隊によって Saqqara Survey Project 2000-2005 が行われている²⁾。スコットランド隊の測量成果を見てみると、2001 年に実施した GPS による基準点測量では WGS84 測地系で基準点測量を行っている。しかしその後、測地系 EUROPEAN 1950 (楕円体 International 1924) の UTM 座標に変換して基準点成果としている。これは、長年に渡り各国調査隊が使用してきたエジプト政府住宅省の地図 (International 1924 (Hayford1909) UTM Zone36N 1978 FRANCE) との整合を図ったためと考えられる。そのため、スコットランド隊の基準点測量成果 (測地系 EUROPEAN 1950) に基づき基準点踏査、基準点間の測定点検を経た後、北サッカラ地区の調査区に新たな基準点を設置し、2 路線の多角点測量を実施した。新たに設置した基準点は年 (2016)、場所 (North Saqqara)、番号から構成される名称を付けたもので、16NS01、16NS02、16NS03、16NS04、16NS05、16NS06 である (図 2)。

測地系 : EUROPEAN1950 楕円体 : International1924 UTM36N			
Actual Name	EAST	NORTH	ELEVATION
T1	306751.437	327875.788	56.160
T2	306312.682	328193.222	76.420
T3	306393.473	327346.246	55.870
T4	306009.491	327560.883	63.500
16NS01	306778.280	327820.050	50.578
16NS02	306631.422	327862.799	54.955
16NS02-1	306622.198	327830.006	50.726
16NS03	306628.798	327943.373	59.451
16NS04	306507.252	327990.110	63.489
16NS05	306617.728	328024.806	60.615
16NS06	306759.263	328021.588	51.981

図 2 北サッカラ地区遺跡基準点測量成果 2016

Fig.2 Surveying reference points set up by both the Scotland National Museums and our project at North Saqqara

1次路線（図3）はT2（既知点）を後視点にして調査区内にあるT1（既知点）より新点16NS01、16NS02、16NS03、16NS04と順に観測しT4 - T3（既知点）に結合多角点測量を行った³⁾。結果は、水平距離総和988.888m、XYZ⁴⁾の閉合差はX - 0.069、Y - 0.024、Z - 0.071、座標閉合差0.073055、精度1/13536である（図4）。

2次路線（図5）は16NS03より16NS05、16NS06と観測しT1に結合多角点測量を行い、その結果は水平距離総和369.774m、XYZの閉合差はX + 0.013、Y + 0.003、Z + 0.006、座標閉合差0.013342、精度1/27715である（図6）。

なお、T1の縮尺係数は1.000932である。

北サッカラA地区及びナクトミン岩窟墓付近地区の基準点は今次調査では時間的制約によりEUROPEAN 1950測地系による体系的な基準点測量を行うことはできなかった。そのため任意の座標系を設定し測量を実施した。

なお、調査区位置はGISに記録するため、GARMIN GPSMAP64SJを使用した簡易的な計測を行いWGS84測地系でQGISにマッピングさせた。

(4) 点ノ記

北サッカラ地区での新たに設置した基準点は16NS01（図7）、16NS02（図8）、16NS03（図9）、16NS04（図10）、16NS05（図11）、16NS06（図12）である。また、使用した既知基準点T1（図13）、T2（図14）、T3（図15）、T4（図16）も今後の使用の為に現状の記録として併せて記載する。

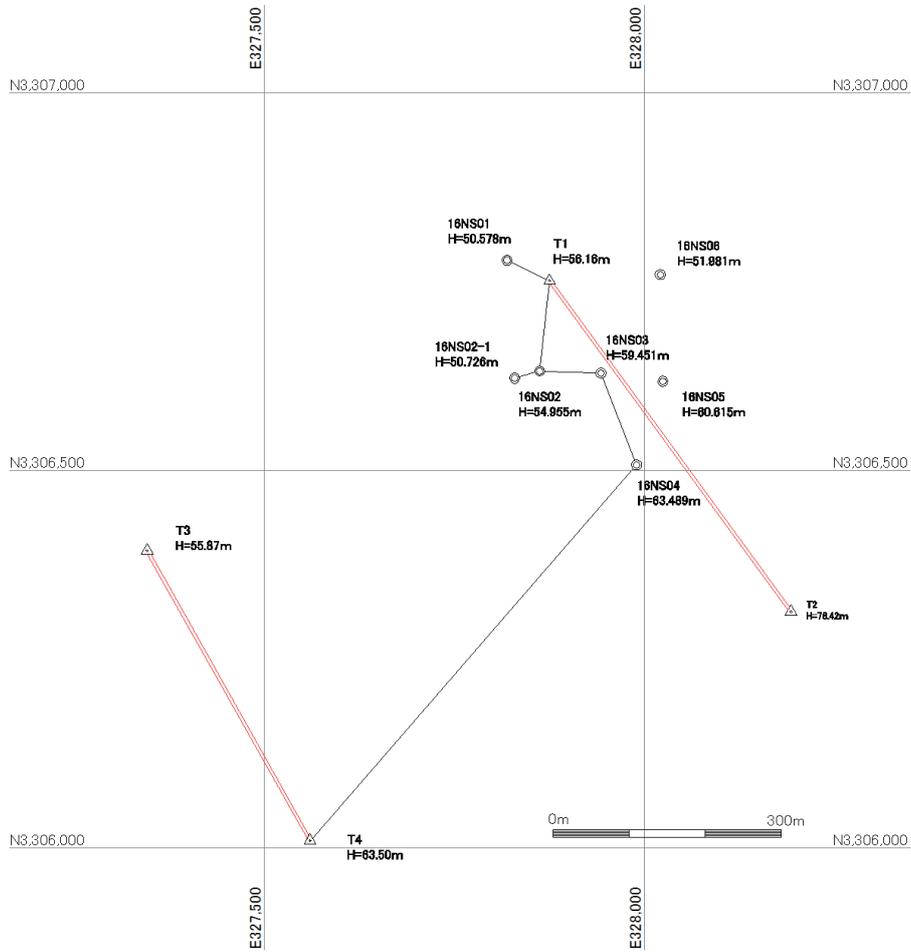


図3 基準点1次路線網図
Fig.3 The primary route of the reference points traverse

3級基準点測量計算書

平成 28 年 8 月 11 日

現場名：北サッカラ地区調査
作業名：(160811NSQ)

3次元斜距離閉合結合

器械点	視準点	観測角	補正	方向角	距離	Δ X	Δ Y	Δ Z	ε X	ε Y	ε Z	X	Y	Z	点名
T2	T1			324° 06' 53"								306751.437	327875.788	56.160	T1
T1	16NS01	151° 36' 00"		295° 42' 53"	61.865	26.843	-55.738	-5.582				306778.280	327820.050	50.578	16NS01
T1	16NS02	42° 03' 42"	1	186° 10' 36"	120.727	-120.026	-12.990	-1.214	11	1	9	306631.422	327862.799	54.955	16NS02
16NS02	16NS02-1	248° 06' 48"		254° 17' 25"	34.065	-9.224	-32.793	-4.229				306622.198	327830.006	50.726	16NS02-1
16NS02	16NS03	85° 41' 18"	1	91° 51' 55"	80.614	-2.624	80.571	4.463	0	3	33	306628.798	327943.373	59.451	16NS03
16NS03	16NS04	247° 06' 16"	1	158° 58' 12"	130.232	-121.558	46.735	4.009	12	2	29	306507.252	327990.110	63.489	16NS04
16NS04	T4	241° 48' 00"	1	220° 46' 13"	657.315	-497.807	-429.245	0.011	46	18	0	306009.491	327560.883	63.500	T4
T4	T3	290° 01' 31"	1	330° 47' 45"											

仮の方向角

修正角 θ

観測方向角	330° 47' 40"	Δ X、Δ Y、Δ Z 総和	-742.015	-314.929	7.269	X A、Y A、Z A	306751.437	327875.788	56.160
観測角総和	906° 40' 47"	既知 D X、D Y、D Z	-741.946	-314.905	7.340	X B、Y B、Z B	306009.491	327560.883	63.500
既知方向角	330° 47' 45"	X、Y、Z 閉合差	-0.069	-0.024	-0.071	水平距離総和	988.888		
角閉合差	-0° 00' 05"	座標閉合差	0.073055		精度	1/		13536	
配布点数	5	配布点数	4						

図4 多角点測量計算書
Fig.4 The calculation data of the reference points survey by the primary route

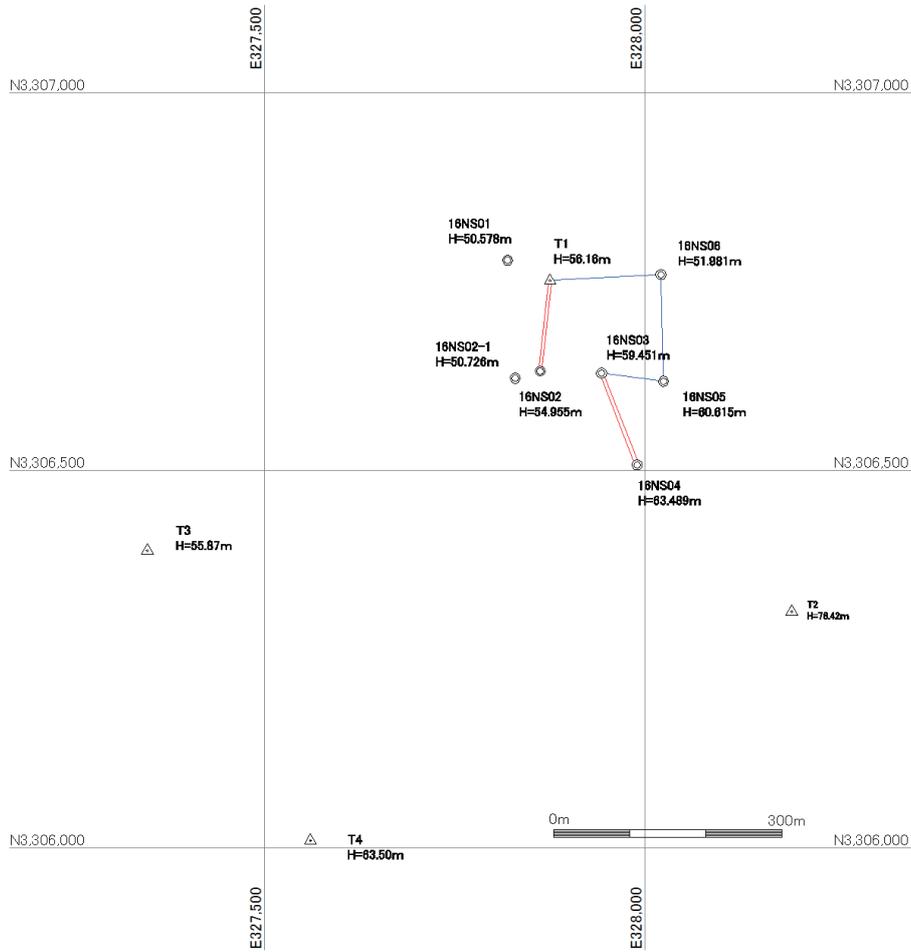


図5 基準点2次路線網図
Fig.5 The second route of the reference points traverse

3級基準点測量計算書

平成 28 年 8 月 11 日

現場名：北サッカー地区調査
作業名：(160813NSQ)

3次元斜距離閉合結合

器械点	視準点	観測角	補正	方向角	距離	Δ X	Δ Y	Δ Z	ε X	ε Y	ε Z	X	Y	Z	点名
16NS04	16NS03			338° 58' 02"								306628.798	327943.373	59.451	16NS03
16NS03	16NS05	298° 46' 17"	7	97° 44' 25"	82.183	-11.069	81.404	1.164	-1	-1	0	306617.728	328024.806	60.615	16NS05
16NS05	16NS06	80° 57' 17"	8	358° 41' 51"	141.583	141.546	-3.218	-8.630	-11	0	-4	306759.263	328021.588	51.981	16NS06
16NS06	T1	88° 13' 42"	7	266° 55' 40"	146.008	-7.825	-145.798	4.181	-1	-2	-2	306751.437	327875.788	56.160	T1
T1	16NS02	99° 14' 50"	7	186° 10' 37"											

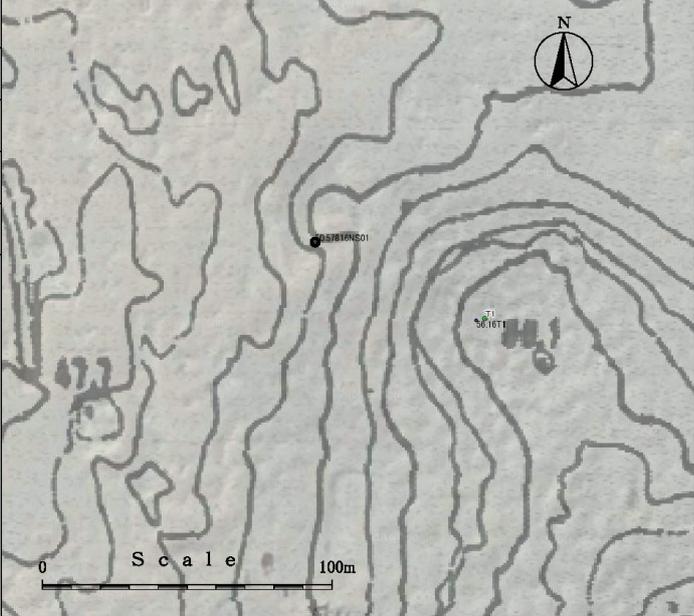
仮の方向角

修正角 θ

観測方向角	186° 10' 08"	Δ X、Δ Y、Δ Z 総和	122.652	-67.582	-3.285	X A、Y A、Z A	306628.798	327943.373	59.451
観測角総和	567° 12' 06"	既知 D X、D Y、D Z	122.639	-67.585	-3.291	X B、Y B、Z B	306751.437	327875.788	56.160
既知方向角	186° 10' 37"	X、Y、Z 閉合差	0.013	0.003	0.006	水平距離総和	369.774		
角閉合差	-0° 00' 29"	座標閉合差	0.013342		精度	1/		27715	
配布点数	4	配布点数	3						

図6 多角点測量計算書
Fig.6 The calculation data of the reference points survey by the second route

点ノ記

点名	16NS01	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄杭	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306778.280m		
E	327820.050m		
Z	50.578m		
備考	楢田 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			
			

有限会社 三井 考測

図7 点ノ記：基準点 16NS01
 Fig.7 The data of the reference point 16NS01

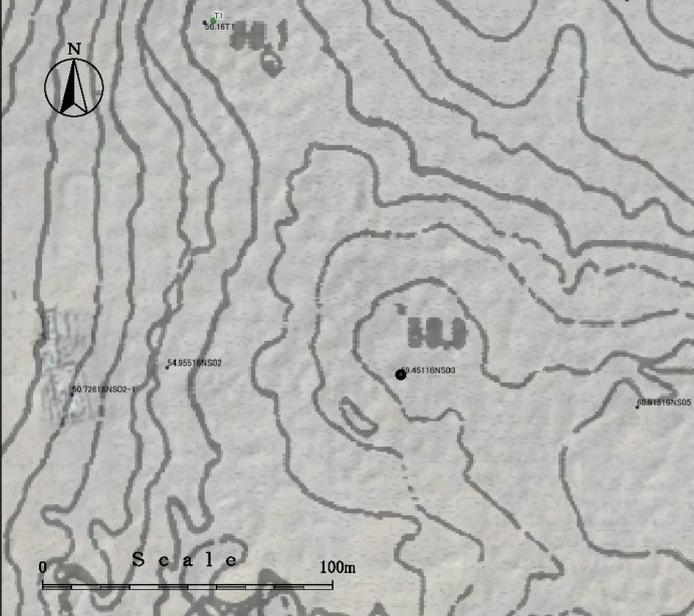
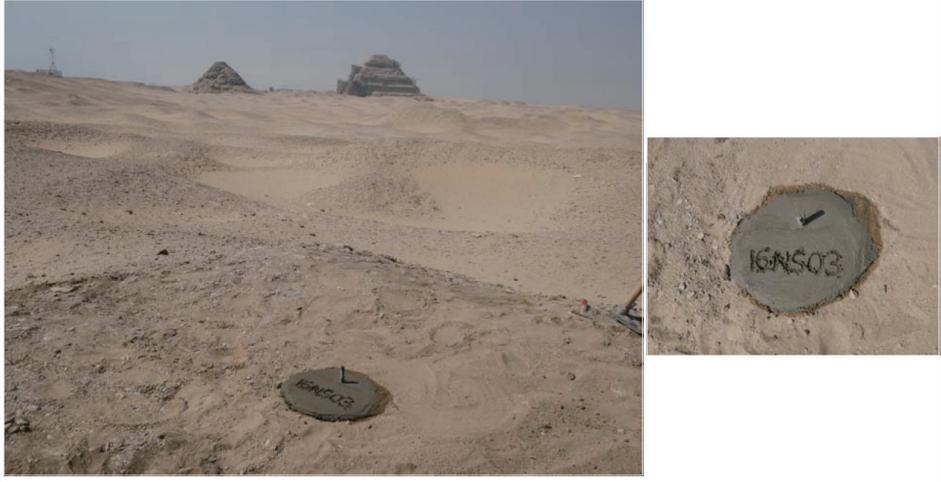
点ノ記

点名	16NS02	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄杭	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306631.422m		
E	327862.799m		
Z	54.955m		
備考	橋岡 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			

有限会社 三井 考 測

図8 点ノ記：基準点 16NS02
 Fig.8 The data of the reference point 16NS02

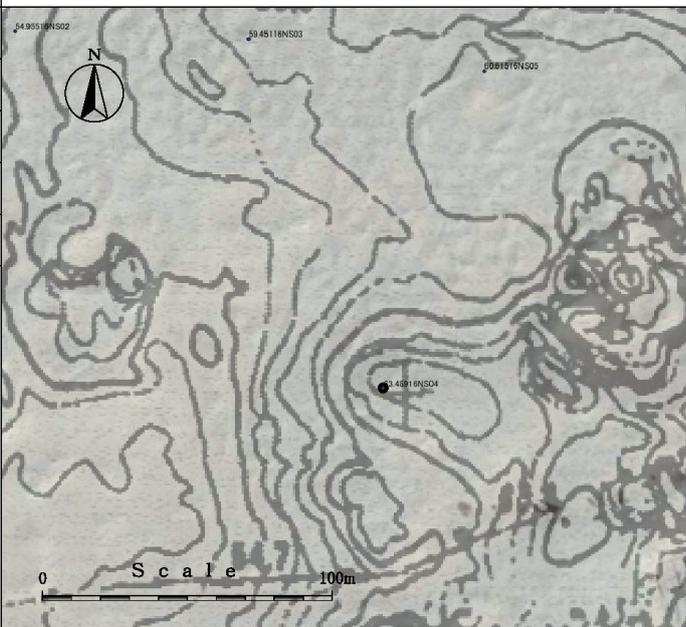
点ノ記

点名	16NS03	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄杭	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306628.798m		
E	327943.373m		
Z	59.451m		
備考	楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			
			

有限会社 三井 考測

図9 点ノ記：基準点 16NS03
 Fig.9 The data of the reference point 16NS03

点ノ記

点名	16NS04	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄杭	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306507.252m		
E	327990.110m		
Z	63.489m		
備考	楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			
			

有限会社 三井 考 測

図 10 点ノ記：基準点 16NS04
 Fig.10 The data of the reference point 16NS04

点ノ記

点名	16NS05	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	レール材 (十字線刻)	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306617.728m		
E	328024.806m		
Z	60.615m		
備考	楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			
			

有限会社 三井 考 測

図 11 点ノ記：基準点 16NS05
Fig.11 The data of the reference point 16NS05

点ノ記

点名	16NS06	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	L鋼杭(SN12)	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306759.263m		
E	328021.588m		
Z	51.981m		
備考	楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			
			

有限会社 三井 考 測

図 12 点ノ記：基準点 16NS06
 Fig.12 The data of the refernce point 16NS06

点ノ記

点名	T1	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄管(既)	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306751.437m		
E	327875.788m		
Z	56.16m		
備考	楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			

有限会社 三井 考測

図13 点ノ記：基準点 T1
 Fig.13 The data of the reference point T1

点ノ記

点名	T2	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄管(既)	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306312.682m		
E	328193.222m		
Z	76.42m		
備 考			
楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N			
写 真			
			

有限会社三井考測

図 14 点ノ記：基準点 T2
 Fig.14 The data of the reference point T2

点ノ記

点名	T3	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄管(既)	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306393.473m		
E	327346.246m		
Z	55.87m		
備 考			
楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N			
写 真			
			

有限会社 三井 考測

図 15 点ノ記：基準点 T3
 Fig.15 The data of the reference point T3

点ノ記

点名	T4	所在	エジプト・アラブ共和国 北サッカラ地区
種別	鉄管(既)	要 図	
確認年月	平成 28 年 8 月		
N	3306009.491m		
E	327560.883m		
Z	63.50m		
備考	楢円 International1924 測地系 EUROPEAN1950 UTM36N		
写 真			

有限会社 三井 考 測

図 16 点ノ記：基準点 T4
Fig.16 The data of the reference point T4

(5) 3次元遺跡調査測量

地形から遺跡全体または遺構情報を取得する測量方法は、広範囲を測量する概査的調査方法と局地的に詳細な測量をする精査的調査方法の2つに大別することができる。概査的調査方法は主に航空写真測量や航空レーザー測量、人工衛星からの測量によっておこなわれ、精査的調査方法はトータルステーションによる3次元地形測量や地上レーザー測量、近接写真測量等がある。これらの測量によって作成された地形図からは、地下に包蔵されている遺構が起因となって形成されている地形から、自然地形の成り立ちとは異なる人為的規則性を持つ地形を判読することが可能となる。

遺跡埋蔵地には地表面にシャドーマーク、ソイルマーク、クロープマーク等の遺構の影響による地形痕跡が表れている事が多い。しかし多く場合、地上での目視だけでは十分に認識されないまま存在している。これらの遺跡埋蔵地は3次元微地形測量によって地中の遺構形状を推定できる事例が多くある。今次調査で行った測量方法は、トータルステーションによる3次元微地形測量法である(図17)。この測量調査方法は3次元地形測量をより詳細に行い考古学調査に特化した精査的調査方法の測量である。

具体的な測量方法は、LEICA製自動追尾型トータルステーションと360度プリズムを使用して位置のX・Y・Zの3次元データの全観測点を属性分類し計測記録を行い、データ解析後3次元CADによって3D微地形測量図を作成した。測定方法は、計測対象地の数量分析と属性分析の両方の有効性を併せ持った分析が可能となるようすることが重要である。そのため、現場での測量は定間隔で計測を行う数量計測と地形の特徴や遺構等を分類して計測する属性計測の2種類で行い、恣意的な図化解析とならないようにしている。なお、今次調査では属性分類を次の地形的要素に大別し個別毎に3次元計測記録した。①自然地形の中に不自然に形成された地形、②人為的地形改変、③埋蔵している遺構によって起因する地形、④地表面に観察される遺構の有無と状況確認、⑤地形学における地勢分類。

上記の分類とデータ解析によって従来では把握できなかった遺跡の有無を3次元計測記録することが可能となる。また、計測対象の地形や構造体の構成を大分類、中分類、小分類と体系的かつ詳細に測量・計測することで計測結果から考古学的分析を行えば、当該遺跡の遺構の規模や古代の基準尺の推定や遺構の特性を知ることが可能となる。そのため、遺跡調査の測量は単に地形や遺構を測るだけで無く、遺跡の持つ考古学的情報を踏まえた上で実施した。



図17 測量調査風景
Fig.17 The mapping survey at North Saqqara

(6) EM 探査による遺跡探査

遺跡探査で使用される地下探査技術は、地中レーダー探査や磁気探査、電気探査やEM探査などが世界中の遺跡調査の現場で使用されている。

今次調査で使用した探査器はEM探査器(電磁誘導探査)である。EM探査は電磁法による電磁探査の一種で、2つのループコイルを用いることからスリングラム法またはループ・ループ法とも呼ばれている。原理的には、地面に送信ループコイルを置き間隔を離して受信ループコイルを置き送信ループコイルに交流

電流を流すことで1次磁場を発生させる。この1次磁場によって地中に誘導電流が流れ誘起することで2次磁場が発生し、誘導電流は地下の電気伝導度（比抵抗の逆数）に比例することから、この2次磁場をもう一方の受信ループコイルで受信することで地中の電気伝導度（比抵抗の逆数）測定することが出来る（古川他 2004）。即ち地盤の影響を受けない既知値の1次地場を入力信号とし、2次地場を受信信号として測定することで受信信号から地中の比抵抗分布を推定する（光畑、稲崎 2008）。このスリングラム法による探査で使用される周波数帯は 100kHz ~ 300Hz 程度の低い周波数を利用し、何段階に周波数を変化させることで数 m ~ 数百 m まで地中の様子を段階的に調べることが出来る（後藤 2013: 77-86）。なお、地中における誘導電磁場の応答から地盤の比抵抗値（resistivity）の逆数である導電率（conductivity）と磁化率（magnetic susceptibility）を測定するため、一回の測定で比抵抗率・導電率・磁化率のデータを測定出来る。

スリングラム法によるコイル配置は、送信コイルと受信コイルを同一方向に向けた上で地表面に対し水平に配置する Vertical Dipole と、地表面に対しコイル面を垂直に配置する Horizontal Dipole がある。それぞれの探査深度は Vertical Dipole の場合送信コイルと受信コイルのコイル間の長さの 1.5 倍、Horizontal Dipole の場合コイル間の長さの 0.75 倍である。

今回の調査で使用した EM 探査器（Electromagnetic conductivity meter）は、GF Instruments 社製 CMD mini Explorer（観測周波数 30kHz 帯）である。本探査器は Hi モードで標準深度 0.5m・1.0m・1.8m、Lo モードで標準深度 0.25m・0.5m・0.9m のそれぞれ 3 層を測定できる⁵⁾。

実際の探査に当たって EM 探査器をトータルステーションによって自動追尾を行い地形位置と探査位置を連動して記録出来る遺跡探査用探査器にカスタマイズして使用した（18 図）。カスタマイズしたメリットは、探査時にメジャーテープを使用して探査エリアの設定を行う工程を省き迅速に探査を実施することが可能となり、地下の遺構の影響による微地形形成地の推定ポイントを制限無く測定し、探査データの異常点も正確に記録できる。また、トータルステーションを使用することで GPS による位置測定と比べ衛星位置から起こる測定位置の誤差と変動量が少ないため、容易に探査異常点の現地位置に復元が可能となる。

なお、EM 探査は測定深度 Hi モードで行い標準深度 0.5m・1.0m・1.8m の測定を行った。



図 18 EM 探査風景

Fig.18 Electromagnetic prospection at North Saqqara

(7) 3次元遺跡調査測量および遺跡探査の結果

① ティ王ピラミッド北西部

1) 測量結果

調査地は南東から北西へ、北西から地形が下がるワディが交わる舌状の台地上の突端部を北限位置として東方向へ約400m、南北へ約300mの範囲、約100,000m²の3次元微地形測量を実施した。図19は、今次調査によって測量図化解析された3次元微地形測量図である。解析した等高線は計曲線(5m)、主曲線(1m)、補助曲線(0.5m)、特殊補助曲線(0.25m)である。

測量した微地形図にも明確に表れているが、調査の対象地であるティ王ピラミッド北西部の舌状の台地には多くの盗掘孔と推定するクレーター状の窪地が大小多数存在している。第1次調査では、約500ヶ所を数えた。また、大規模な掘削跡は発掘調査によるものと思われる、発掘排土が山状に積み上げられている。これらの後世の人為的改変地形により現在では地中に建造された遺構に起因する微地形を観察することが出来ない。しかし、地表面に多量に散布している遺物等により地中に多くの遺構が存在することが推定できる(図19)。

今回実施した3次元微地形測量法では、それら個々の窪地と全体の地形を計測することにより得た結果に特徴的な微地形が見られる。最も特徴的なのは北西方向に伸びる台地突端の縁辺部が方形になり若干の高まりがある地形に解析された。

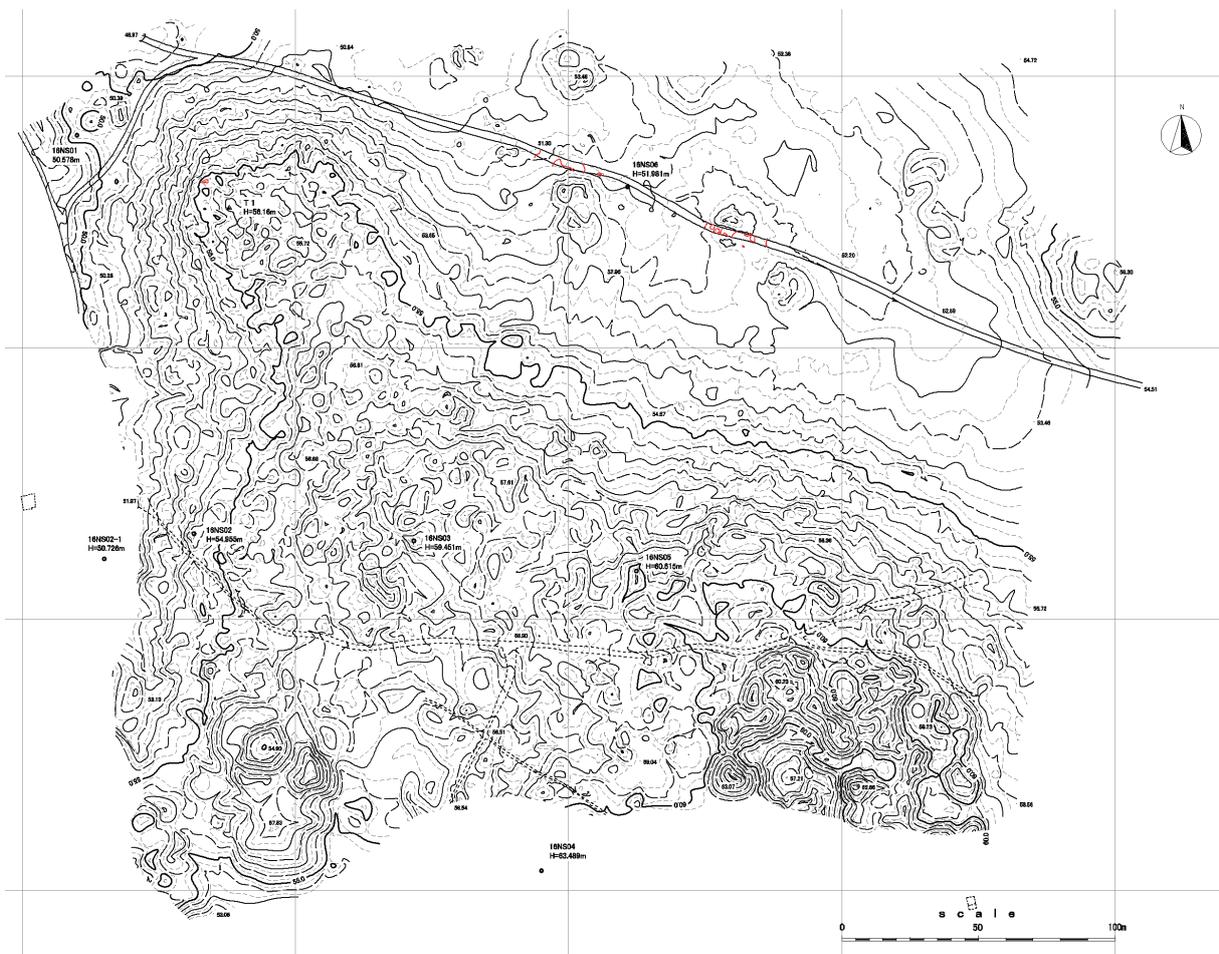


図19 3次元微地形測量図

Fig.19 The micro-topographic map of the survey area at North Saqqara

このような形状が表れる原因は、自然による地形形成の場合、地形を構成する地表下岩盤が方形状であり表土がその形状で地形を形成していると考えられる。しかし、当該地の地表付近の岩盤は変成を受けていない石灰岩であることから、風化作用により地形突端部が方形に残存する事は考え難い。遺跡の密集地であることを踏まえて考察すると、微地形計測の理論からもこの地形は人為的・地形改変により方形状に造成された元地形や遺構を起因とする地形と考えられる（図20）。

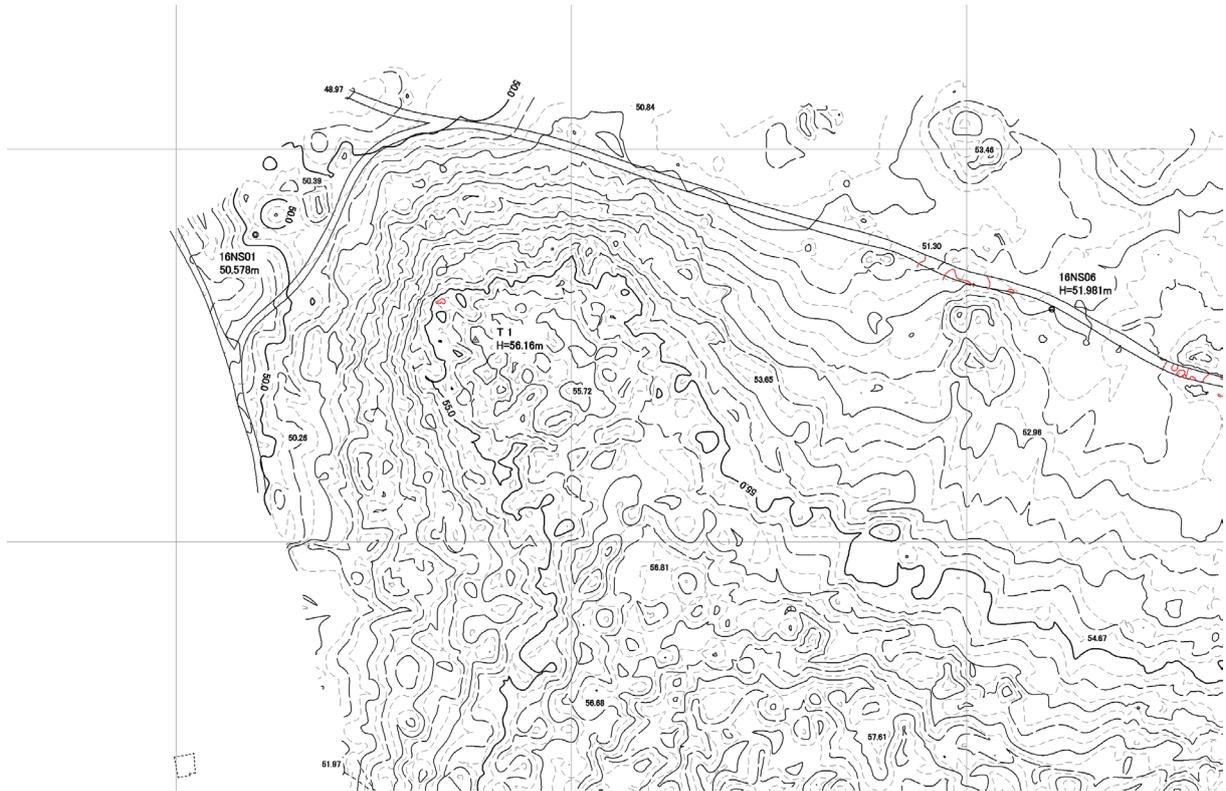


図20 3次元微地形測量図方形地形部拡大図

Fig.20 The micro-topographic map of the north-western tip of the outcrop of the survey area at North Saqqara

2) EM 探査結果の所見

遺跡探査は、基準点 16NS06 の東方 50m 付近 1 カ所 (図 21 の①)、16NS05 の北東 70m 付近 1 カ所 (図 21 の②)、T1 付近 1 カ所 (図 21 の③) の計 3 カ所で EM 探査を実施した (図 21)。

それぞれの探査エリアとも地下深度 0.5m・1.0m・1.8m の良好な探査結果を得た。特に 16NS06 の東方 50m 付近 (図 21 の①) では比抵抗率 (図 22)、磁化率 (23 図) 共に異常値が北西より南東方向に面的に連続して明確に見られる。

比抵抗率、磁化率それぞれの contour map を見てみると、東側半分の相対値が高い範囲が日乾煉瓦遺構、西側が砂層と推定することが出来る。

次に 16NS05 の北東 70m 付近 (図 21 の②) の比抵抗率 (24 図)、磁化率 (25 図) は、比抵抗率スライス図の東側に高い値の範囲見られる。しかし磁化率スライス図では西側が高い磁化率の値が見られ、反して西側は相対的に低い値を示している。このことにより 16NS05 の北東 70m 付近 (図 21 の②) の探査地は東側に岩盤もしくは石造遺構、西側に日乾煉瓦遺構の包蔵が推定できる。

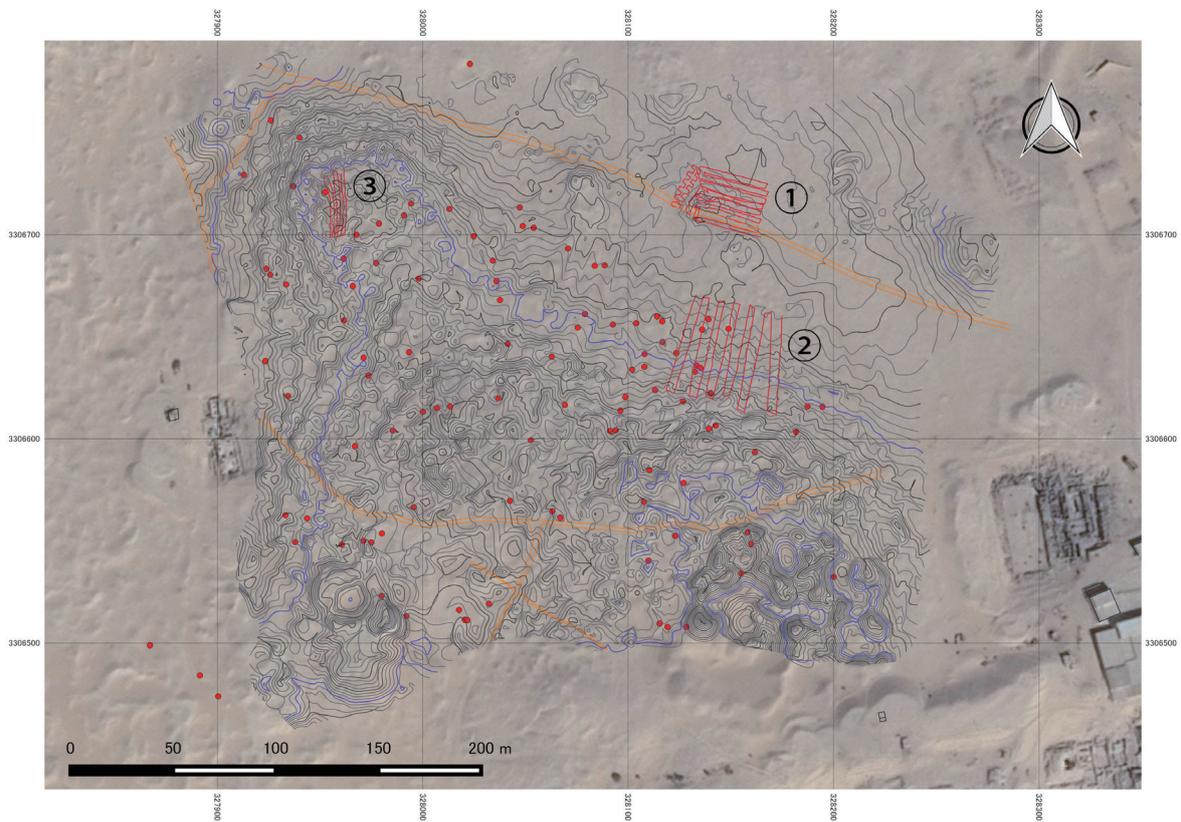
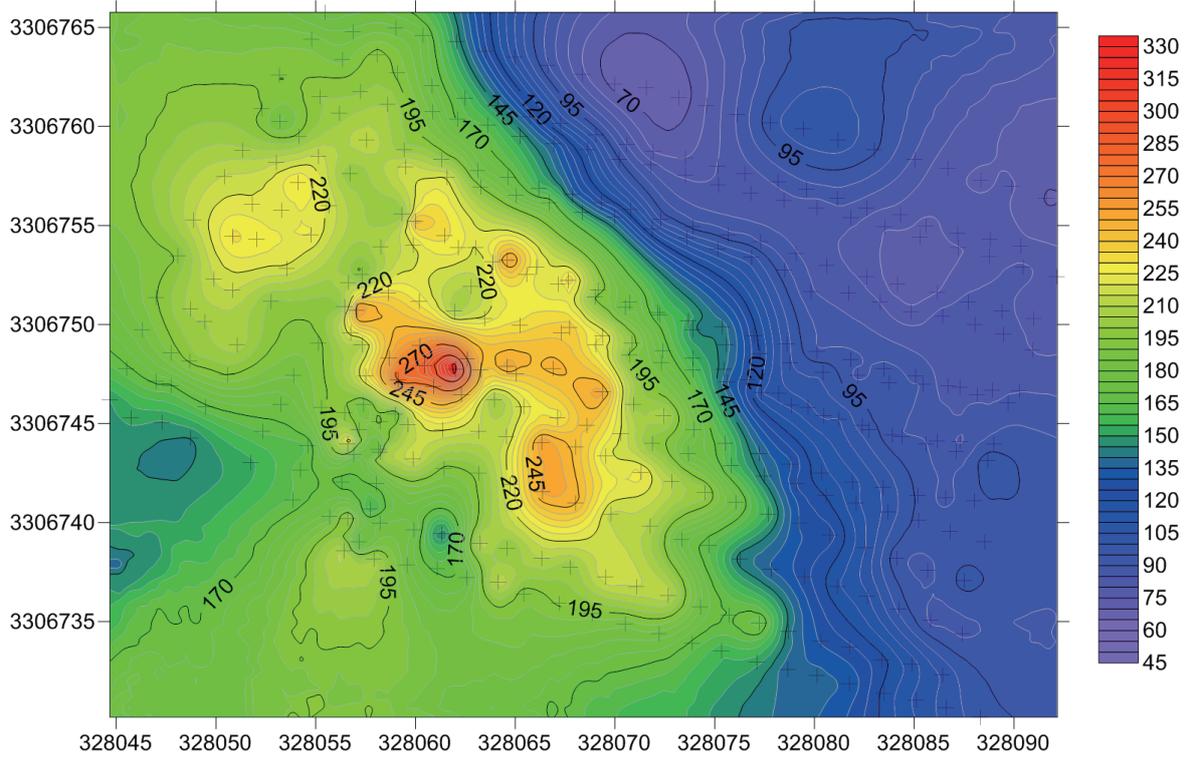
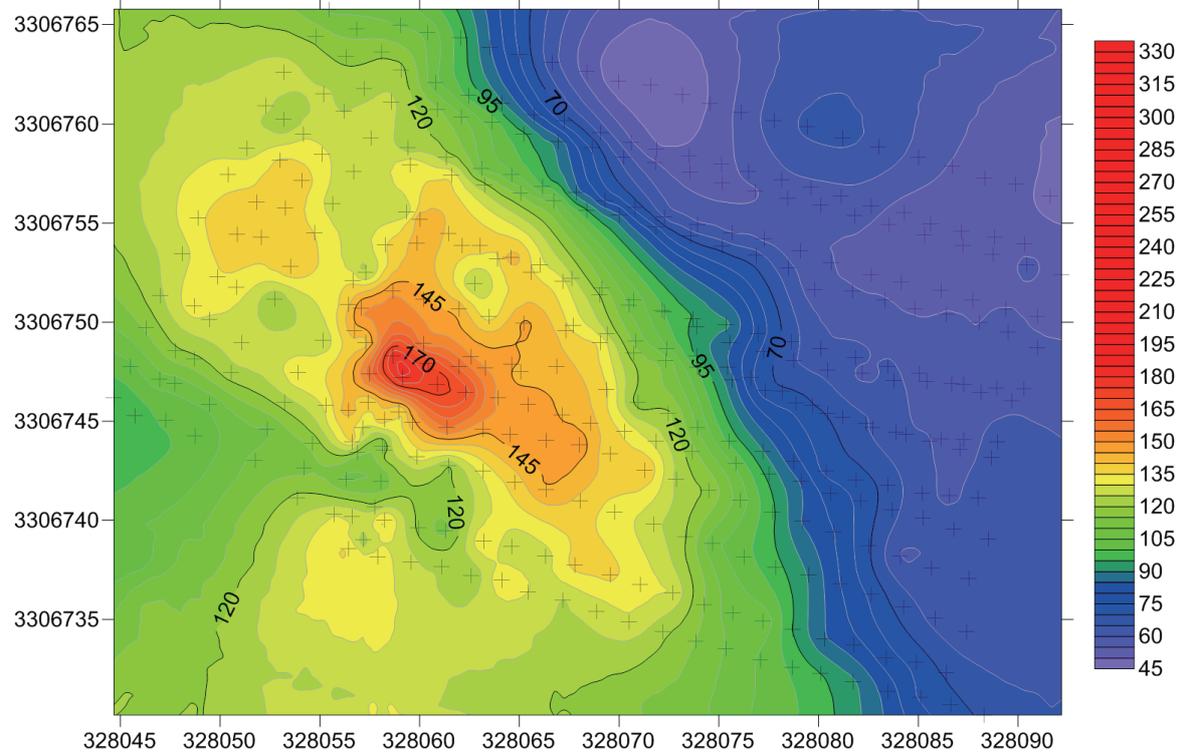


図 21 北サッカラ、テティ王ピラミッド北西部探査エリア
Fig.21 The areas of the electromagnetic prospection at North Saqqara



1.0m



1.8m

図22 16NS06の東方50m付近(図21の①) contour map 比抵抗率(単位: OHm.m)
Fig.22 The result of the electromagnetic prospecting at the area 1 (apparent resistivity)

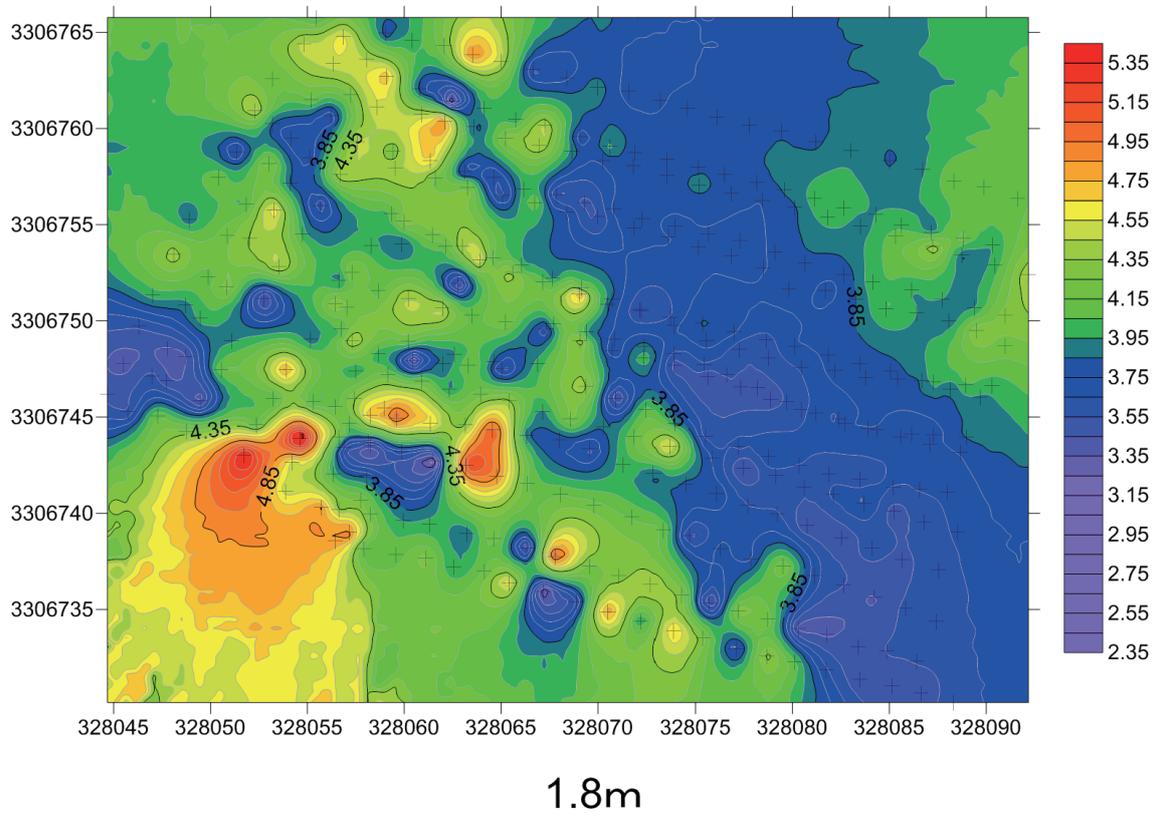
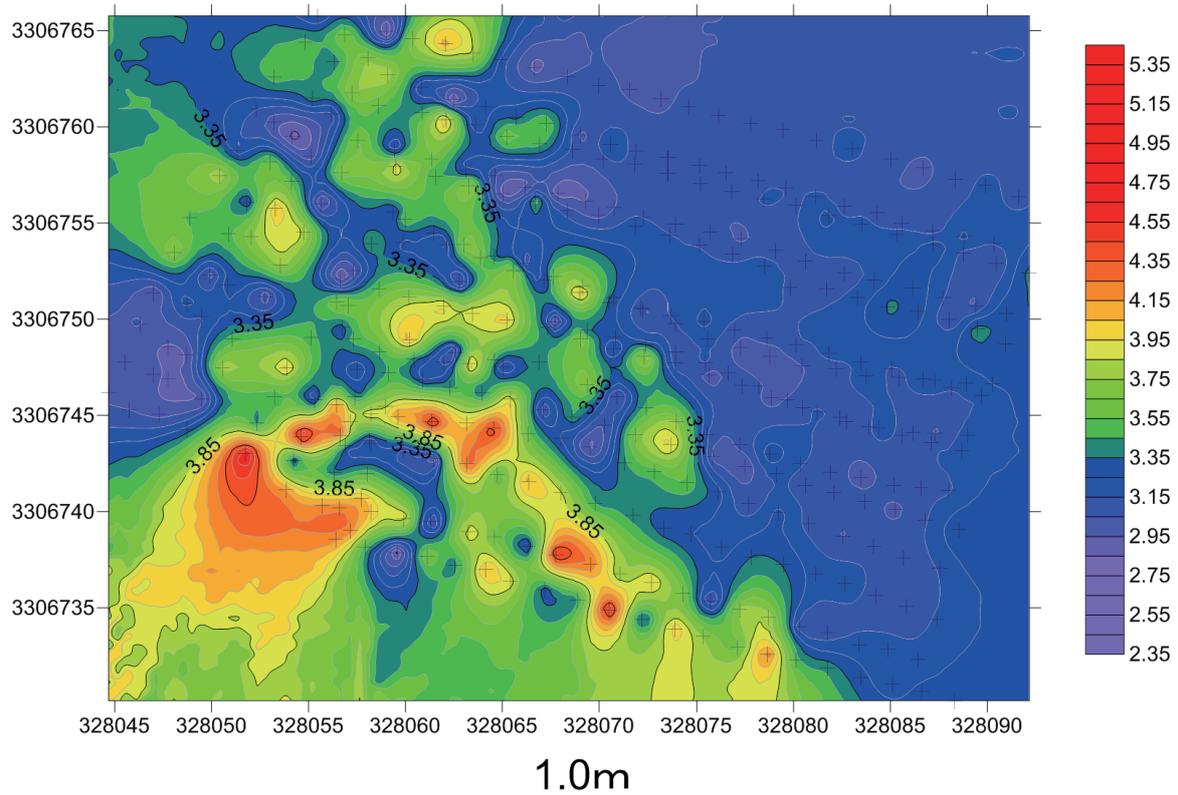
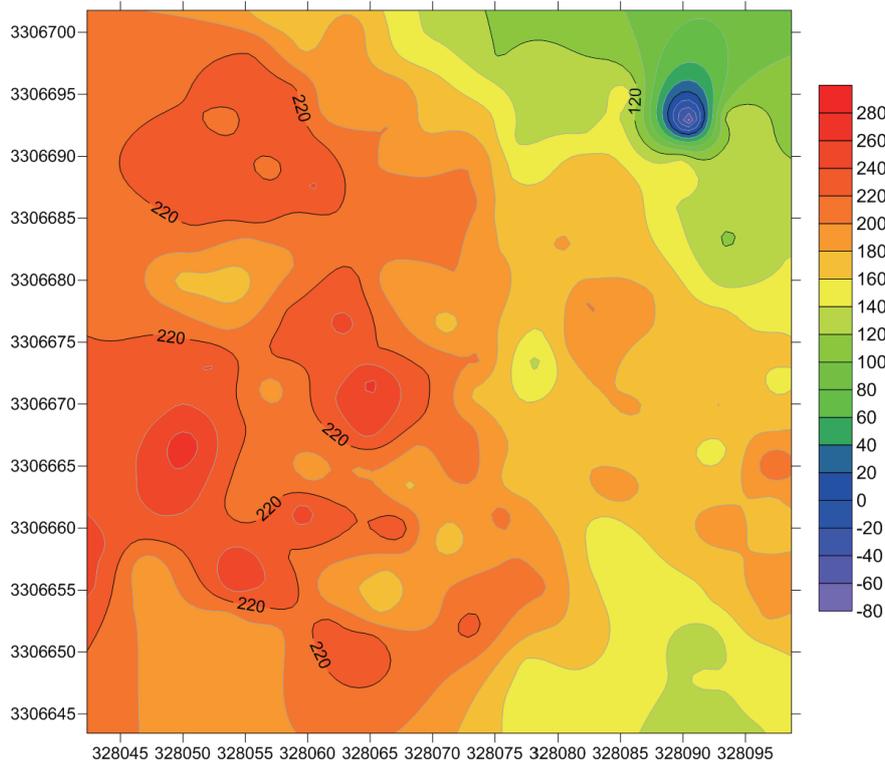
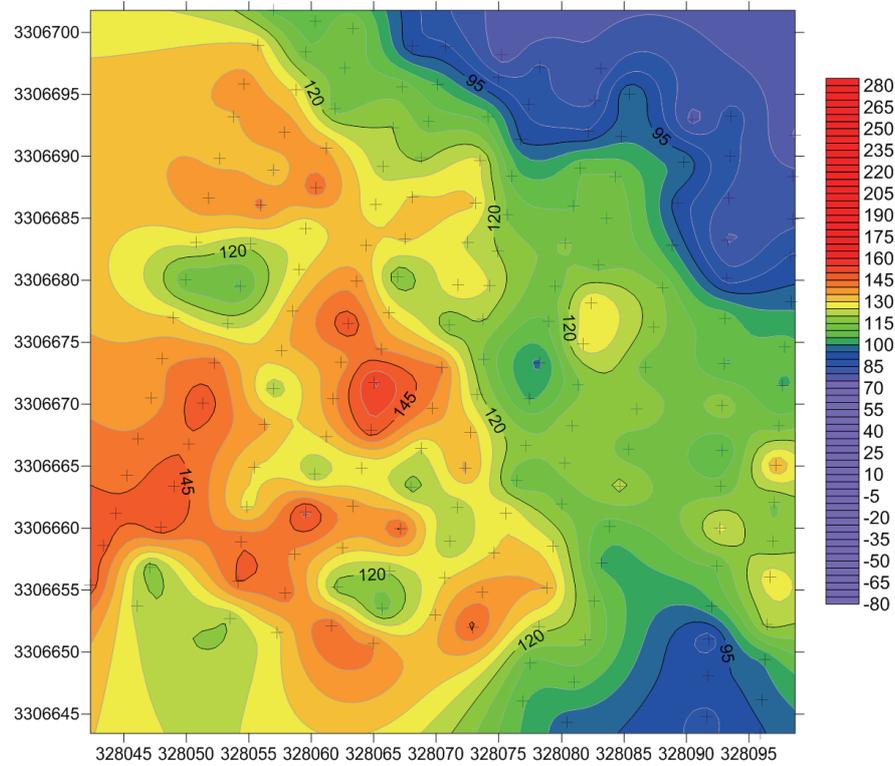


図23 16NS06の東方50m付近(図21の①) contour map 磁化率(単位: ppt)
 Fig.23 The result of the electromagnetic prospecting at the area 1 (magnetic susceptibility)

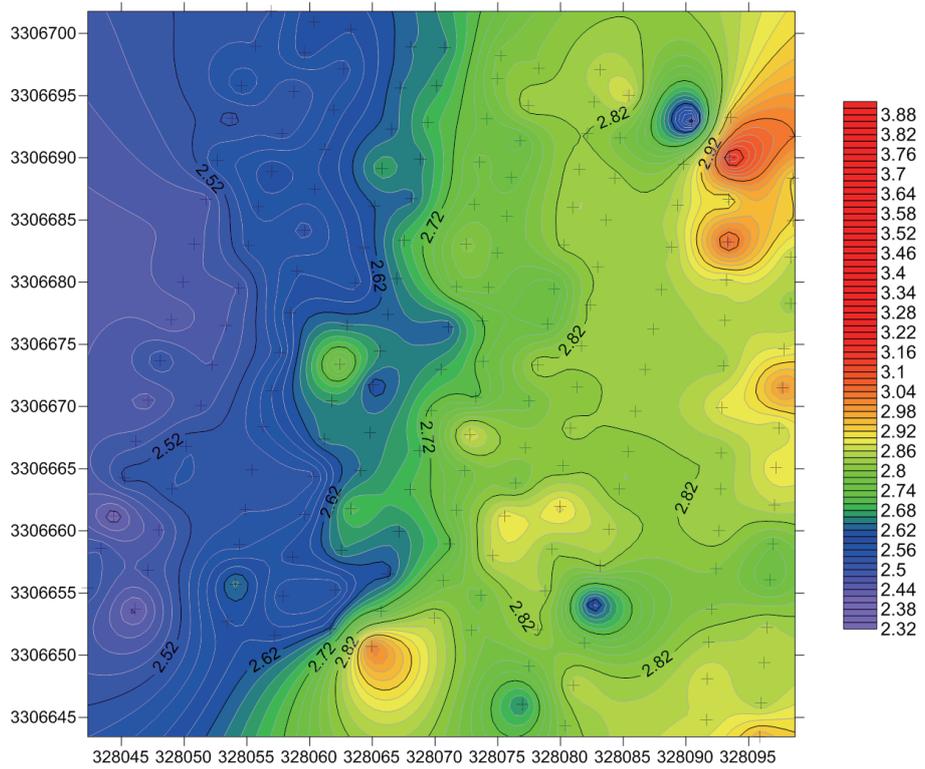


1.0m

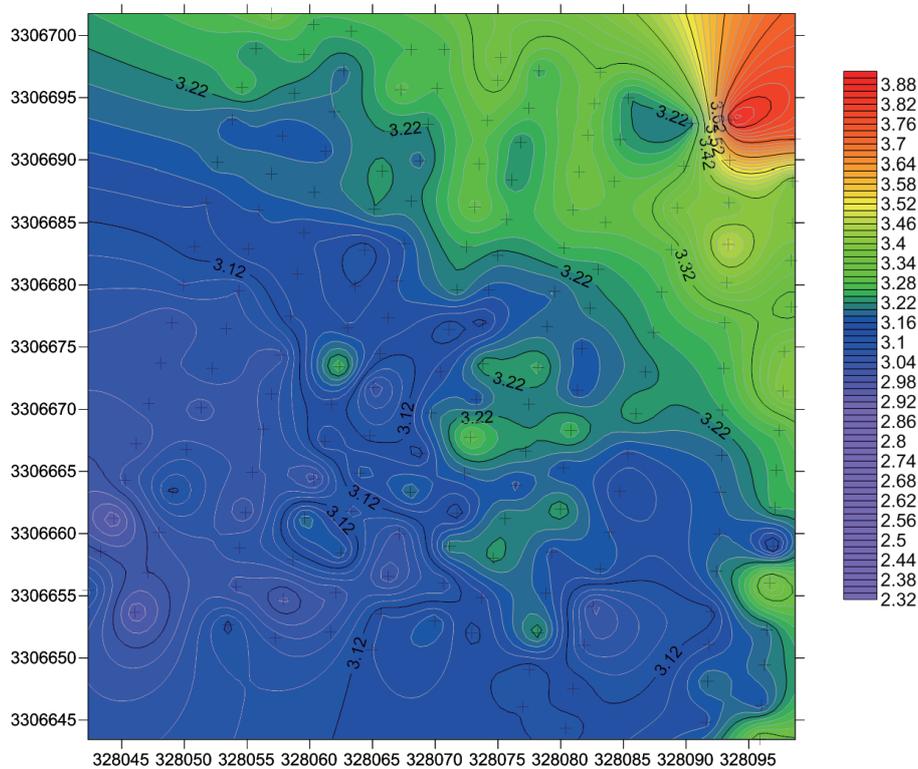


1.8m

図24 16NS05の北東70m付近(図21の②) contour map 比抵抗率(単位: OHm.m)
Fig.24 The result of the electromagnetic prospecting at the area 2 (apparent resistivity)



1.0m



1.8m

図25 16NS05の北東70m付近(図21の②) contour map 磁化率(単位:ppt)
 Fig.25 The result of the electromagnetic prospection at the area 2 (magnetic susceptibility)

②北サッカラ A 地区

1) 測量結果

EM 探査に伴い 3 次元微地形測量も実施した。測量面積は約 4,500m² である。測量データは北サッカラ地区同様に 3 次元 CAD による図化で 3D マップ化している (図 26)。

EM 探査の探査範囲は、河岸段丘に入り込む谷地形の露岩域で露岩崖方向に沿って 20m×15m の調査区を設定して探査した (図 27)。

2) EM 探査成果の所見

測量調査区西方露岩崖地に直行する様に 1 カ所の罍状微地形が谷へ伸びている。そこには石材と日乾煉瓦が地表から観察できる。また、谷地形には砂が深く堆積していると思われる。

EM 探査では岩盤域と砂地の境が南北に直線状となって明確に解析され、調査区中央露岩崖下付近に異常点が測定された (図 28)。

比抵抗率 (図 29)、磁化率 (図 30) 共に露岩崖と谷部砂層が明瞭に分かれている。地表面に確認できる崖下に直行して伸びる日乾煉瓦は遺構面積が少ないせいか地表直下の探査データから観察できない。しかし、同地点の地中深度 1m ~ 1.8m の探査データには比抵抗率、磁化率の値が共に低い異常点が見られる。また磁化率の contour map では南東から北西方向へ幅約 4m のベルト状に続き屈曲する磁化率の高い範囲が測定されている。そのため何らかの人工的な物質及び日乾煉瓦遺構等が存在する可能性がある。

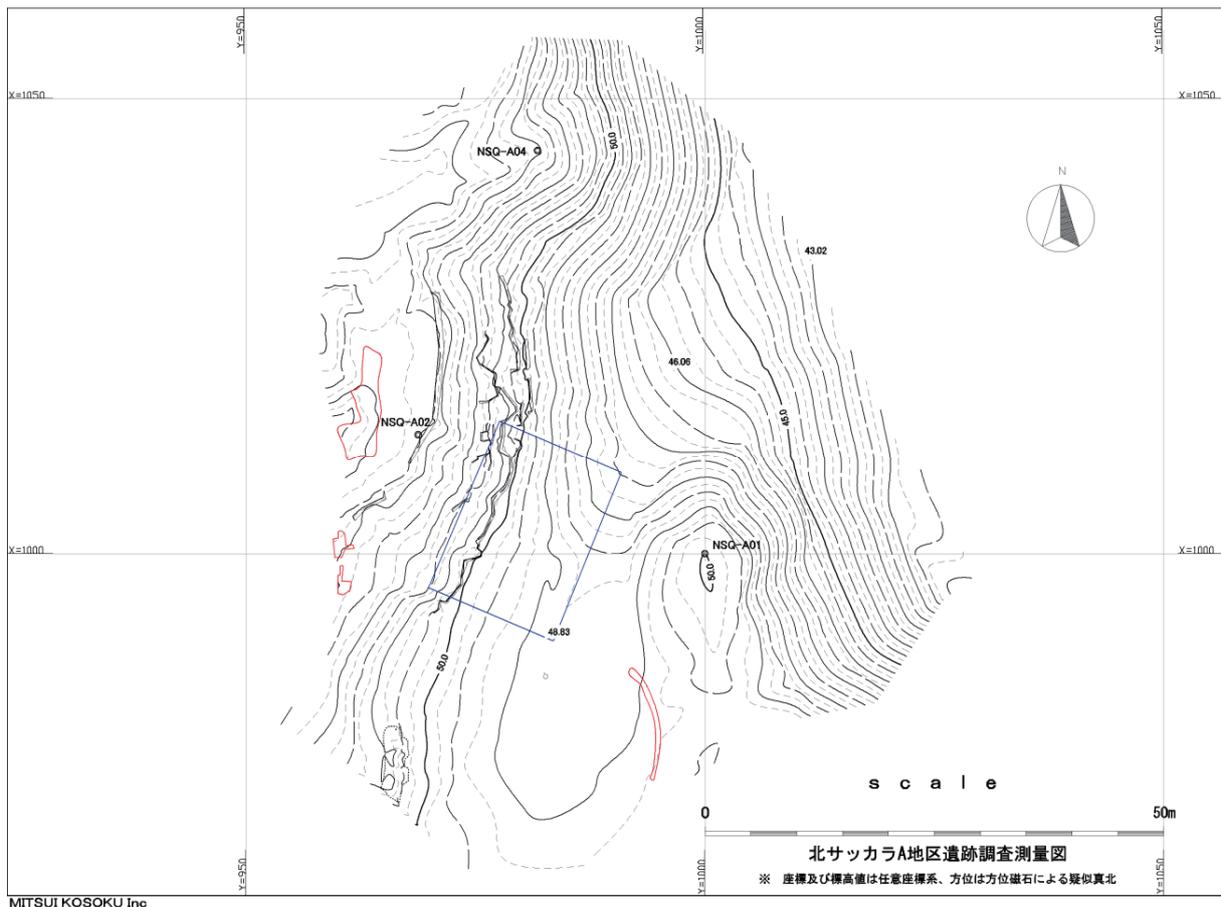


図 26 北サッカラ A 地区 3 次元微地形図
Fig.26 The micro-topographic map of the area A at North Saqqara (NSQ-A)



図 27 北サッカラ A 地区探査風景
Fig.27 The electromagnetic prospecting at the area A at North Saqqara (NSQ-A)

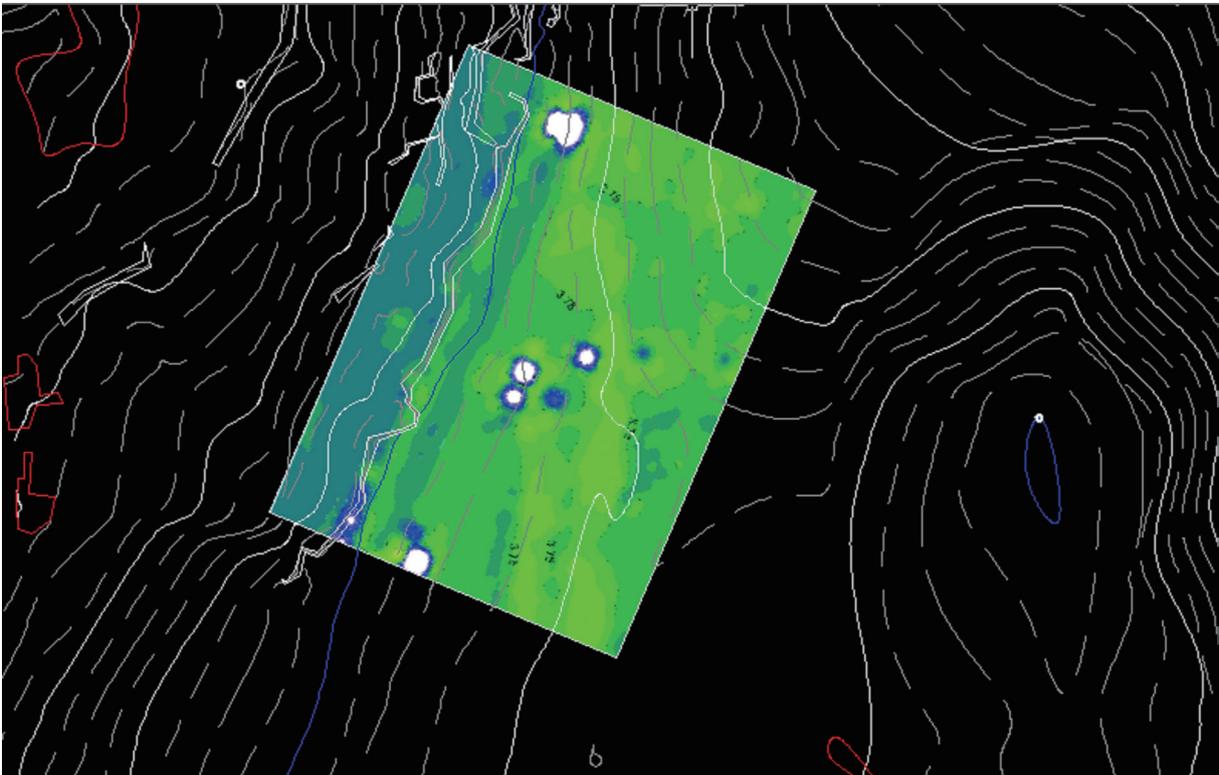


図 28 磁化率スライス図と地形図整合
Fig.28 The magnetic susceptibility slice view in the area A at North Saqqara (NSQ-A)

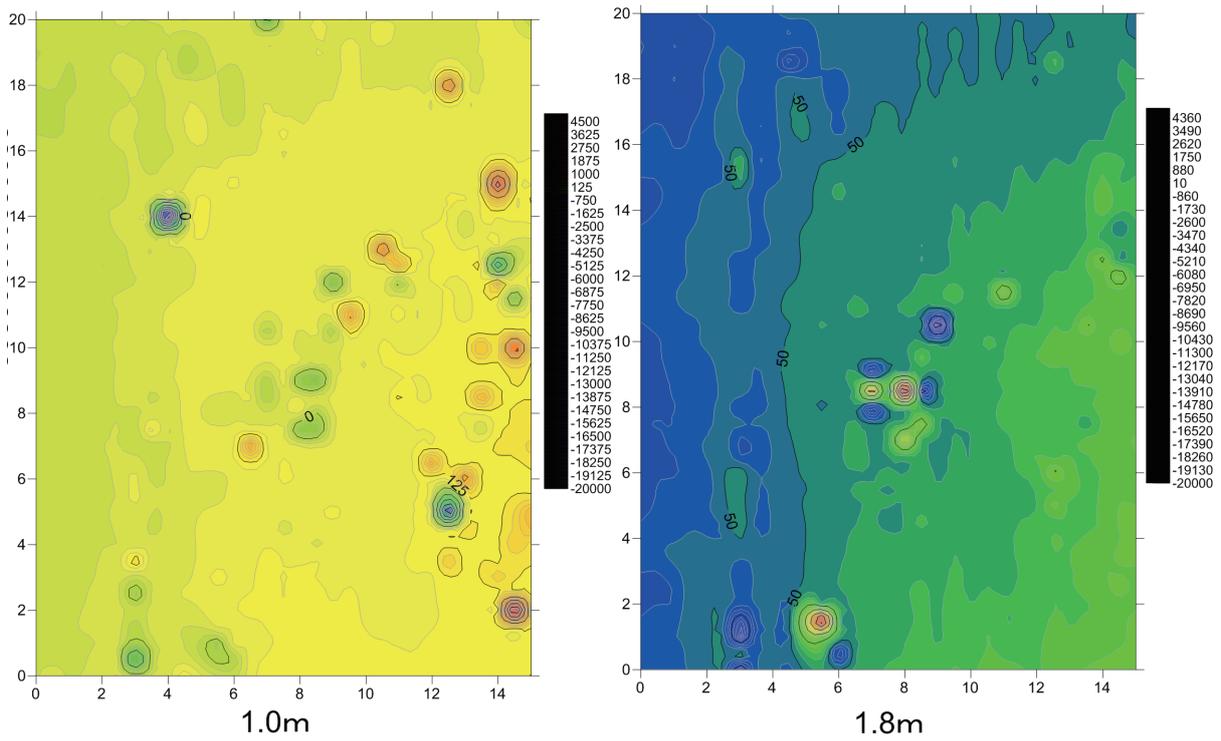


図29 北サッカラ A 地区 contour map 比抵抗率 (単位: OHm.m)
 Fig.29 The result of the electromagnetic prospection at the area A at North Saqqara (NSQ-A) (apparent resistivity)

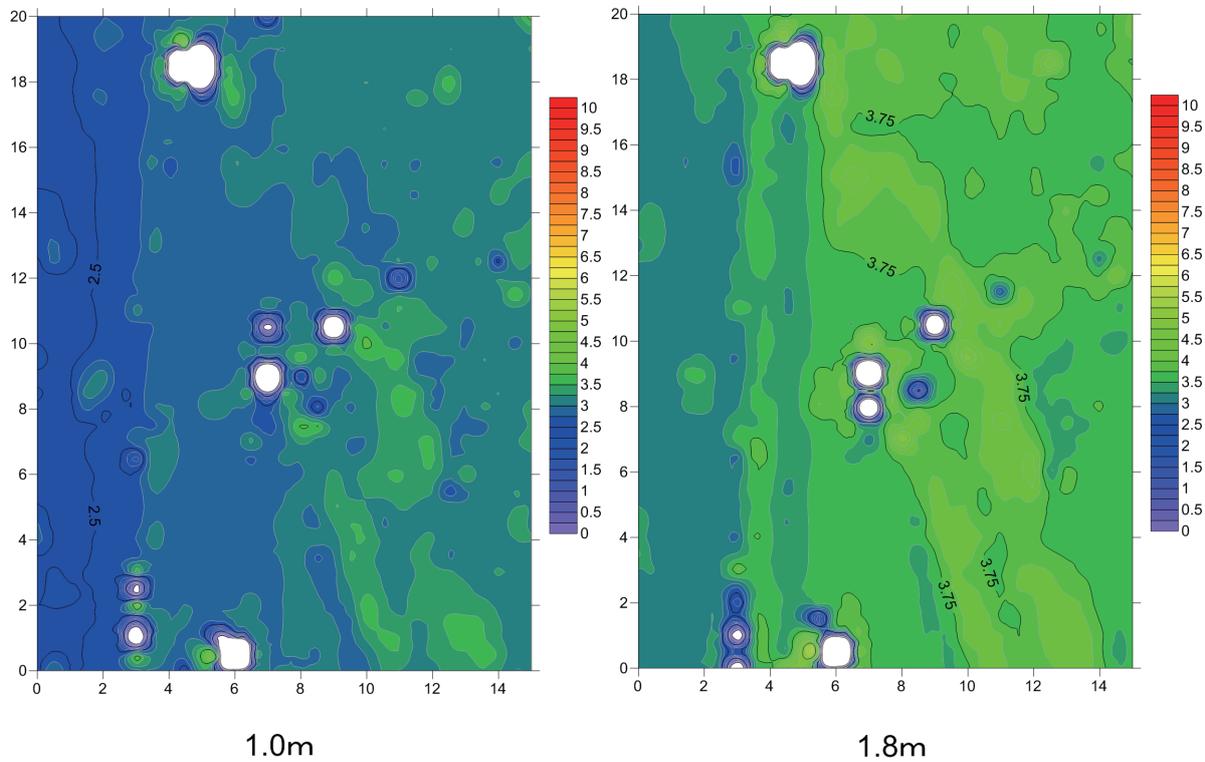


図30 北サッカラ A 地区 contour map 磁化率 (単位: ppt)
 Fig.30 The result of the electromagnetic prospection at the area A at North Saqqara (NSQ-A) (magnetic susceptibility)

③ナクトミン岩窟墓付近地区

ナクトミン岩窟墓付近の地形は比高差の大きい河岸段丘の下部に位置し斜面は多量の砂で覆われおり、南西方向が河岸段丘上部で傾斜方向は北東方向に下っている。また、調査区にはガード小屋があり、南西には斜面傾斜は露岩下端で収束する露岩地がある。

探査面積は約 100m² である (図 31, 32)。

1) EM 探査成果の所見 (図 33, 34)

地表面観察にすると、ガード小屋南角付近に僅かに日乾煉瓦が観察できる。

EM 探査の結果は、露岩域と斜面下端との境が北西から南東方向へ直線状に分かれ岩盤域との境が推定できるが、地表面観察で見られた日乾煉瓦箇所との関係性のある遺構の反応は解析できなかった。

深度 1.0m の比抵抗率スライス図 (図 33) にはコの字状に比抵抗率の値が高い場所が探査区中央に観察できるが、調査区のガード小屋には電線が接続され防犯灯も有り、隣接地には人家が多く調査区内に金属製のゴミがあることからノイズが多く発生していると推測する。そのため微細な反応は得られず遺構の解析には至れなかった。

(8) まとめ

3次元遺跡調査における微地形測量の結果、地形の特異箇所の抽出が出来た。また、現状での盗掘孔跡や発掘調査跡等の位置も明示させ従前より使用してきたエジプト政府住宅省の地図に照合することが出来た。

EM 探査では、3次元微地形測量との連動で地上と地下の3次元同時測定を行った。この結果は考古学調査において埋蔵された遺構による微地形と探査位置の照合、データ解析から得られた特異点を現場での位置復元は発掘調査や遺跡保存の観点からも有用であることが証明できた。

エジプトにおける EM 探査の事例は少ないが、スコットランド隊によって行われたフラックスゲイト磁力計を使用した磁気探査の結果 (Mathieson and Ditter 2007) と EM 探査の磁化率の結果が符合することが分かった。今回探査した調査区では北サッカー地区の基準点 16NS06 の東方 50m 付近 (23 図) と 16NS05 の北東 70m 付近 (25 図) の調査区の磁化率結果がそれを示している。また、EM 探査では比抵抗率の結果と磁化率の結果を照合することで、今後研究を進めることにより日乾煉瓦遺構と石造遺構を区別して抽出出来る可能性も見いだした。

本稿では述べていないが、今次調査の測量と EM 探査の結果は GIS ソフトに反映をさせている。そのため、将来に渡って使用可能な遺跡のデータマップの基盤地図を作成した。



図 31 ナクトミン岩窟墓付近地区探査風景
Fig.31 The electromagnetic prospection in the vicinity of the tomb of Nakhtmin

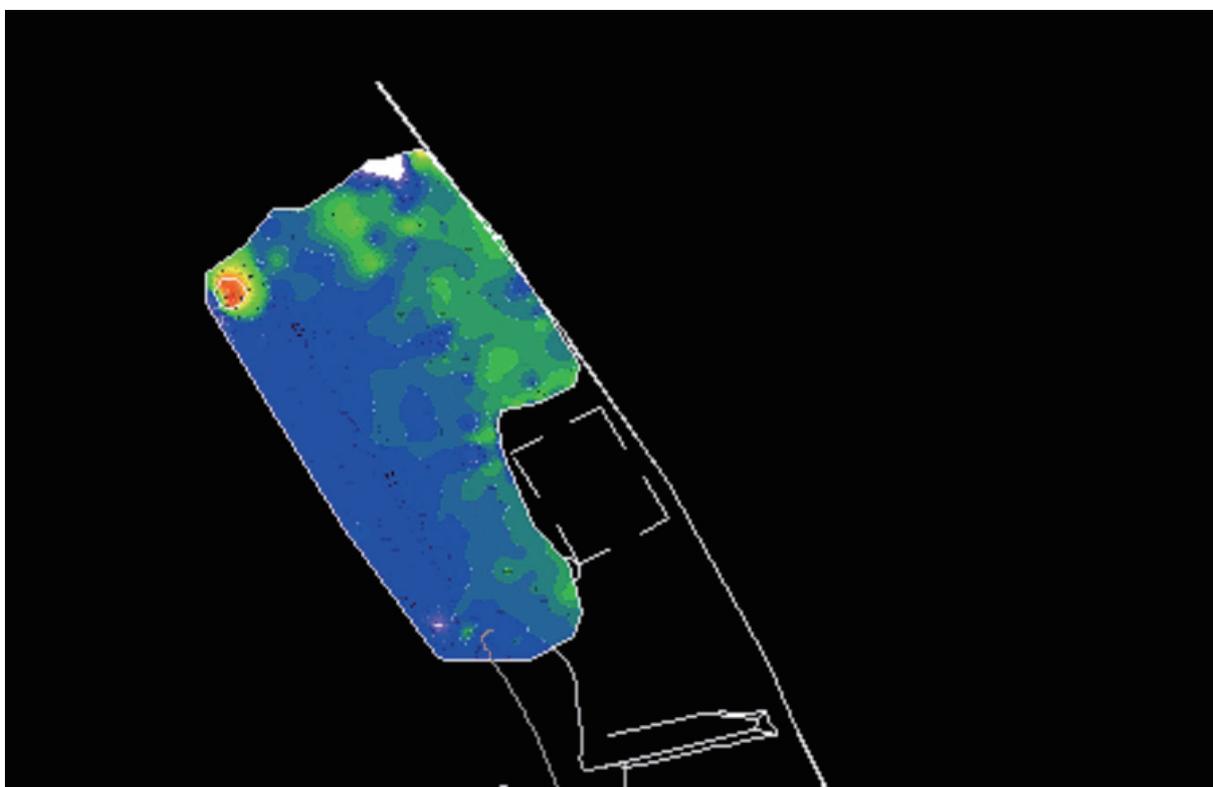


図 32 磁化率スライス図及び地形図整合
Fig.32 The magnetic susceptibility slice view in the vicinity of the tomb of Nakhtmin

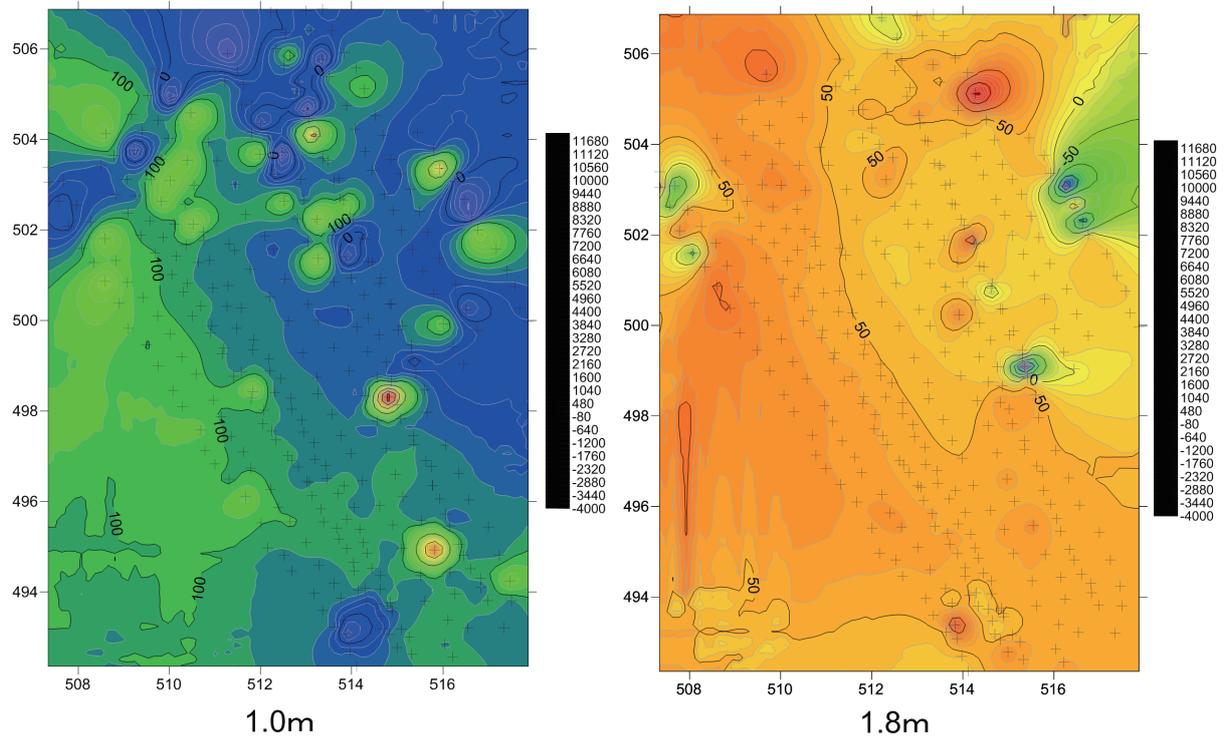


図 33 ナクトミン岩窟墓付近地区 contour map 比抵抗率 (単位 : OHm.m)
 Fig.33 The result of the electromagnetic prospection in the vicinity of the tomb of Nakhtmin (apparent resistivity)

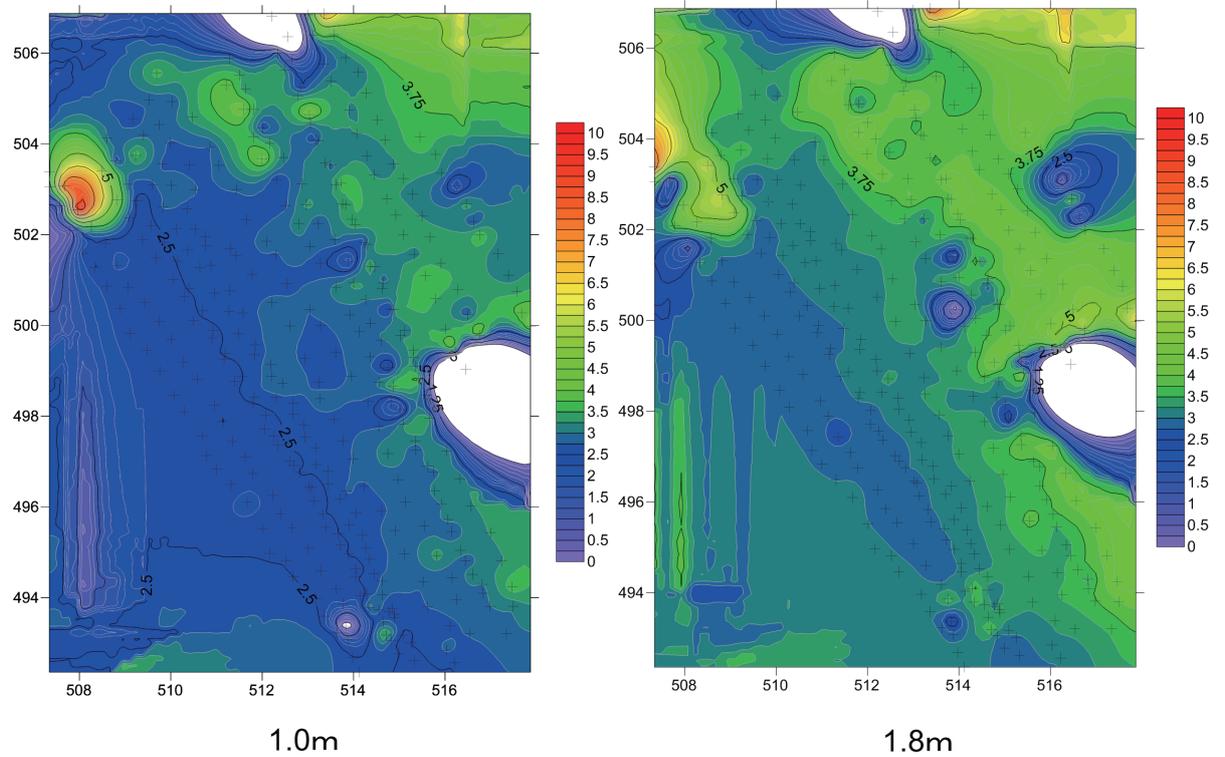


図 34 ナクトミン岩窟墓付近地区 contour map 磁化率 (単位 : ppt)
 Fig.34 The result of the electromagnetic prospection in the vicinity of the tomb of Nakhtmin (magnetic susceptibility)

2. 考古学的踏査（河合 望、吉村作治、近藤二郎、柏木裕之、高橋寿光、米山由夏、石崎野々花）

5月の第1次踏査に引き続き、第2次調査では測量、探査の作業と同時並行に第1次調査で絞り込まれた地区の踏査を実施した。以下、踏査の概要を報告する。

(1) テティ王ピラミッド北西部

第1次踏査で、新王国時代の墓地として新たに明らかになったテティ王のピラミッド北西部に位置する約100,000m²の規模の舌状の台地を中心に3次元地形測量を実施し、作成された地図に5月に実施した踏査による新王国時代の遺物の位置を補正してプロットした図を見ると、改めて台地上全体に新王国時代の遺物が広がっていることが確認される（図35）。

台地の西側の端部は、地形から大きく3つの丘から形成されていることが明らかである（図36）。北側の丘（図36の1）は、北東部の突端部であり、既に前述の測量・探査班の報告で指摘されているように、ほぼ方形の形になるように人為的な地形改変がなされているような状況がみられる。このあたりの石灰岩の岩盤はタフラ層であり、人為的に容易に掘削が可能である。2001年から2007年にかけて、この辺りで物理探査を実施したスコットランド隊の探査地図によるとこの辺りにはマスタバ墓が多数存在することが明らかとなり、長辺が北北西を向き、短辺が東北東に向いている様相が見られる（Mathieson and Ditter 2007）。この角度は、北東の突端部の角度とほぼ平行しており、古王国時代のマスタバ墓の造墓活動に伴う、人為的な地形改変の可能性も考えられよう。同じ西端部を約100m南下すると、台地の端部に接して東側に近年の盗掘によって再発見されたカエムメスウのマスタバ墓がある。そこからちょうど東に100mあたりの位置に丘があり、土壌の色が黒ずんでいる様相が観察された（図36の2）。これは日乾レンガが崩壊して土になって広がっていることによるもので、スコットランド隊の探査の結果が示すように、この付近に日乾レンガ製のマスタバ墓が存在していることによるものであろう。さらに、そこから南東に約100mの位置に丘があり、ここも土壌の色が黒ずんでいる（図36の3）。この丘も付近のマスタバ墓の日乾レンガが倒壊し、土壌の色が黒ずんでいるのであろう。また、カエムメスウのマスタバ墓の南東に巨大なクレーター状の窪みがあるが、これはスコットランド隊の探査結果によると巨大なマスタバ墓の痕跡のようである（図36の4）。かなり盗掘を受けているようであるが、これまで考古学的発掘調査は行われていない。スコットランド調査隊長のI. マチソン（Mathieson）によれば、カエムメスウのマスタバ墓の南には長辺80m、短辺40mの巨大マスタバ墓が2基あり、これまで未発掘であると報告されている（Mathieson and Ditter 2007: 19）。

カエムメスウのマスタバ墓は、当該地区付近で唯一発掘調査が行われた遺構であり、内部と外部に新王国時代のシャフト墓が存在する（図37）。5月に実施した踏査では、周囲から多くの新王国時代の土器が確認されたので、この付近には新王国時代のシャフト墓が多数存在すると推定される。これらの新王国時代のシャフト墓は、マスタバの天井のレベルからシャフトを掘削する方法、岩盤から古王国時代のマスタバ墓の天井部分まで石材を積んでシャフトの枠を造る方法、あるいは天井と同じレベルまでマスタバの中込として使われていたタフラと石灰岩チップを土盛りして床面を築き、シャフトを掘削している様子が観察された。おそらく付近の新王国時代のシャフト墓もこのような方法でシャフトを掘削していたと推定される。また、当該地区の新王国時代のシャフト墓には地表面に上部構造の痕跡が認められないので、上部構造があったとしても石材が再利用されたか日乾レンガ製の簡素な祠堂（チャペル）だった可能性が推測される。古王国時代のマスタバ墓の上に新王国時代のシャフト墓あるいはトゥームチャペルが造営された付近の例としては、テティ王ピラミッド北墓地があるが、ここでもタフラと石灰岩チップで堆積から直方体の石灰岩ブロックを積んで矩形の枠を築き、シャフトを掘削する状況が確認される。おそらく、サッカーの古王国時代の遺構の上の層に築かれた新王国時代の墓地では同じような方法でシャフト墓を造営したのであろう。

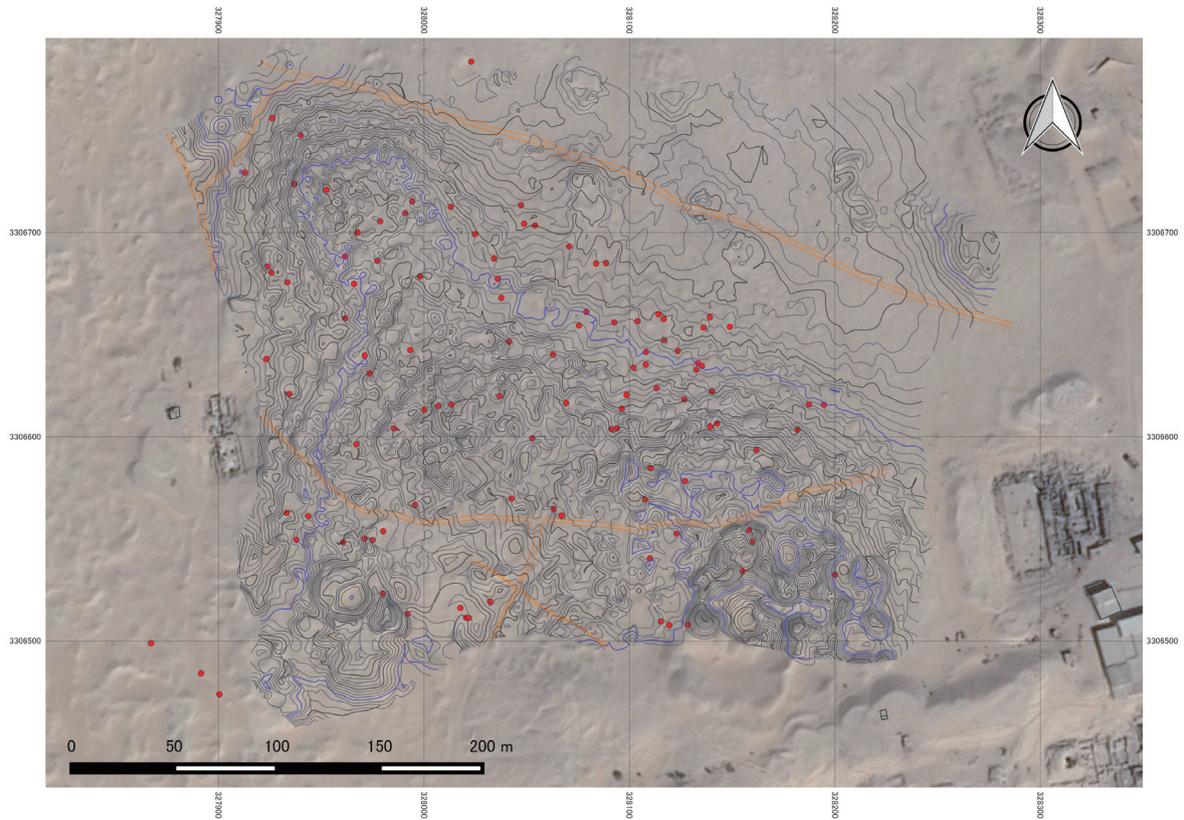


図35 テティ王ピラミッド北西部台地と新王国時代の遺物の分布
 Fig.35 The distribution of New Kingdom artifacts of the survey area at North Saqqara



図36 テティ王ピラミッド北西部台地の衛星画像と特徴的な地形
 Fig.36 The peculiar geographical features of the survey area at North Saqqara



図37 カエムメスウのマスタバ墓付近の新王国時代のシャフト墓
Fig.37 The New Kingdom shaft tombs in the vicinity of the tomb of Kaemmesu

(2) 北サッカラ A 地区とナクトミン墓周辺

これらの調査地区は、北サッカラ台地の東端部に位置しており、新王国時代の岩窟墓が存在することが想定される（図1）。

A地区は、踏査によって東に面した断崖に対して垂直に日乾レンガの壁体が築かれている可能性が確認されたので、岩窟墓が存在する有望地と考えられた。そのため前述の測量・探査班の報告にあるように地形測量とEM探査を実施した。探査の結果、前述のように岩盤域と砂地の境が南北に直線状となって明確に解析され、調査区中央露岩崖下付近に異常点が測定された。日乾レンガの遺構が存在する可能性が指摘されている。

ナクトミン墓は、前庭部に日乾レンガ製の壁体が、崖に対して垂直に伸びており（図38）、砂層に日乾レンガの壁体が存在することが岩窟墓の存在を示す手掛かりと考えられたが、EM探査の結果では、探査地区に金属製のゴミなどが多いことから探査結果にノイズが多く発生していると推測され、微細な反応は得られなかったと報告されているが、今後の探査では周辺地区の日乾レンガの遺構の探知が岩窟墓の存在を明らかにする上で有力な手掛かりになるであろう。



図38 ナクトミン墓（前庭部の南北に日乾レンガ製の壁体が認められる）
Fig.38 The tomb of Nakhtmin

4. まとめ

以上、北サッカラ遺跡の第2次踏査の成果の概要を報告した。地形測量では微地形測量により地形の特異箇所が抽出され、EM探査では探査範囲が部分的ではあるものの、遺構の存在を示唆するデータも得られ、過去のスコットランド隊による磁気探査の成果と照合することで、今後のさらなる精度の向上のために重要な成果を得ることができた。

考古班による踏査では、新王国時代の墓地が存在することが明らかとなったテティ王ピラミッド北西部のさらなる観察を進めた。特に、カエムメスウのマスタバ墓とその周辺に位置する新王国時代のシャフト墓の観察により、今後この地区を発掘する際の層位を理解する上で有益な情報を得ることができた。また、北サッカラ台地の東端部では、崖に対して垂直に位置する日乾レンガの壁体の存在が岩窟墓の前庭部の存在をしめすものとして、今後探査を行う上で重要な手掛かりであることが認識された。

今後は、北サッカラ地区のさらなる精査と探査を継続し、数カ所で試掘を行い、発掘調査の開始につなげていきたい。

謝辞

本調査は、科学研究費補助金基盤研究（B）（海外学術調査）「エジプト、サッカラ遺跡における新王国時代の墓の調査研究」（研究代表者、河合 望：課題番号15H05163）による成果である。

エジプト現地調査では、エジプト・アラブ共和国考古大臣カーレッド・アル＝アナニー閣下（博士）、外国調査隊管轄事務局長ハニー・アブー・アル＝アズーム氏、サッカラ査察局長アラ・アル＝シャハータ氏、同副局長サブリー・ファラグ氏、チーフインスペクターのムハンマド・ユーセフ氏およびハムディ・アミン氏、

我々の調査の査察官アハメド・ムハンマド・アフィフィ氏を始めとする方々に多大なご協力を頂いた（肩書きは調査時のもの）。カイロでは、早稲田大学エジプト学研究所カイロ・オフィスの吉村龍人氏、ムハンマド・アシュリー氏に考古省との渉外などで大変お世話になった。

ここに記して感謝の意を表する。

註

- 1) 調査の参加者は以下の通りである。考古班：河合 望、柏木裕之、高橋寿光、米山由夏、石崎野々花、測量・探査班：三井 猛、梅田由子、現地渉外：吉村龍人、ムハンマド・アシュリー。
- 2) スコットランド隊(スコットランド国立博物館)による Saqqara Survey Project 2000-2005 の測量データについては、サッカラ考古省査察局から提供を受けた。
- 3) 基準点計算書の表記 XYZ は測量平面座標系表示となっているため X (NORTH)、Y (EAST)、Z (ELEVATION) である。実際の値は本文にも記載したが UTM 座標系 36N である。
- 4) T1 ~ T4 の既知点のデータについては、サッカラ考古省査察局から提供を受けたスコットランド隊の測量成果による。
- 5) 3 層の探査深度はメーカーの示す標準的な深度であるため、地質や土壌を構成する鉱物や状態、含水率によって標準深度との実際の深度との差が発生する。エジプトの台地である基盤となる石灰岩は変成をあまり受けていないものの堆積岩中でも比較的比抵抗が高く $6 \times 10^1 - 5 \times 10^5$ である。また、地中の含水量が少ないため一度掘られた砂層（土壌）は想定している地下深度よりかなり浅くなる傾向がある。

参考文献

Mathieson, I and Ditter, T

2007 “The Geophysical Survey of North Saqqara, 2001-7”, *Journal of Egyptian Archaeology* 93, pp.79-93.

アンソニー・クラーク

1996 『考古学のための地下探査入門』、北島 功（訳）、雄山閣出版。（Clark, A., 1990, *Seeing Beneath the Soil: Prospecting Methods in Archaeology*, London.）

河合 望、吉村作治、近藤二郎、高橋寿光、米山由夏、石崎野々花

2017 「第1次北サッカラ遺跡踏査概報」、『エジプト学研究』第23号、日本エジプト学会、pp.127-144.

後藤忠徳

2013 『地底の科学』、ベレ出版。

斎藤 章

1998 「第6章電磁探査 5. 2 水平探査法」、『物理探査ハンドブック 手法編 第5章～7章』、物理探査学会、pp.363-366.

2009a 「物理探査手法紹介」、『物理探査ニュース No.3』、物理探査学会、pp.5-7.

2009b 「物理探査手法紹介」、『物理探査ニュース No.4』、物理探査学会、pp.6-9.

2010 「物理探査手法紹介」、『物理探査ニュース No.8』、物理探査学会、pp.5-8.

西村 康

2001 『遺跡の探査 日本の美術 No.422』、至文堂。

2008 「日本における遺跡探査抄史」、『最新の物理探査適用事例集』、物理探査学会、pp.338-339.

西谷忠師、筒井智樹、坂中伸也

2007 『キミもトライだ物理探査』、技報堂出版。

古川裕也、西谷忠師、坂中伸也

2004 「ループループ法による浅部比抵抗構造」、『Conductivity anomaly 研究論文集』、地球電磁気地球惑星圏学会、pp.120-127.

三井 猛、佐々木淑美

2009 「微地形測量による遺跡調査の有効性について」、『常総台地 16』、常総台地研究会、pp.351-358.

光畑裕司、稲崎富士

2008 「電気・電磁探査法による浅層地盤の非破壊プロファイリング調査技術」、『地質ニュース 644号』、産業技術総合研究所地質調査総合センター、pp.14-24.

エジプト学研究 第23号

2017年3月31日発行

発行所 / 日本エジプト学会

〒169-8050 東京都新宿区戸塚町1-104

早稲田大学エジプト学研究所内

発行人 / 吉村作治

The Journal of Egyptian Studies No.23

Published date: 31 March 2017

Published by The Japan Egyptological Society

1-104, Totsuka-chyo, Shinjyuku-ku, Tokyo, 169-8050, Japan

© The Japan Egyptological Society